CARL SAGAN

El cerebro de Broca

Reflecciones sobre el apasionante mundo de la ciencia

Lectulandia

El cerebro de Broca es un libro escrito por Carl Sagan formado por discursos o artículos publicados entre 1974 y 1979 en muchas revistas incluyendo *Atlantic Monthly*, *New Republic*, *Physics Today*, *Playboy*, y *Scientific American.*

El ensayo que titula el libro lleva su nombre en honor del físico, anatomista y antropólogo francés, Paul Broca (1824-1880). Generalmente se recuerda a Broca por su descubrimiento de que distintas partes físicas del cerebro corresponden a distintas funciones.

Una gran parte del libro está dedicada a desacreditar el trabajo de los «fabricantes de paradojas», como llama a los divulgadores de la pseudociencia, ya sea quienes se encuentran al borde de las disciplinas científicas o simplemente son rotundos charlatanes. Otra gran parte del libro discute los convencionalismos en la nomenclatura de los miembros de nuestro sistema solar, así como sus características físicas. Sagan también expone sus puntos de vista sobre la Ciencia Ficción, mencionando especialmente a Robert A. Heinlein, quien fue uno de sus escritores favoritos durante su infancia. Las experiencias cercanas a la muerte, y sus controversias culturales también son discutidas en el libro, así como la crítica de las teorías desarrolladas en el libro de Robert K. Temple *The Sirius Mystery* publicado tres años antes en 1975.

Lectulandia

Carl Sagan

El cerebro de Broca

ePub r1.1
Horus 11.05.14

Título original: *Broca´s Brain*
Carl Sagan, 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979
Traducción: Doménech Bregada (Cap 1 al 7) y José Chabás (Cap 8 al 25)
Diseño de portada: Horus

Editor digital: Horus
Colaborador: epubsagan (apéndices y tablas)
Corrección de erratas: el nota
ePub base r1.1

más libros en lectulandia.com

Para Rachel y Samuel Sagan, mis padres,
que introdujeron en mí la alegría de la comprensión del mundo,
con gratitud, admiración y amor

AGRADECIMIENTOS

EN CUANTO A DISCUSIÓN de puntos específicos abordados en el texto, estoy en deuda con un buen número de amigos, corresponsales y colegas, entre los que se incluyen Diane Ackerman, D.W.G. Arthur, James Bakalar, Richard Berendzen, Norman Bloom, S. Chandrasekhar, Dark Chapman, Sidney Coleman, Yves Coppens, Judy-Lynn del Rey, Frank Drake, Stuart Edelstein, Paul Fox, D. Carleton Gajdusek, Owen Gingerich, Thomas Gold, J. Richard Gott III, Steven J. Gould, Lester Grinspoon, Stanislav Groff, J. U. Gunter, Robert Horvitz, James W. Kalat, B. Gentry Lee, Jack Lewis, Marvin Minsky, David Morrison, Philip Morrison, Bruce Murray, Phileo Nash, Tobias Owen, James Pollack, James Randi, E.E. Salpeter, Stuart Shapiro, Gunther Stent, O.B. Toon, Joseph Veverka, EA. Whitaker y A. Thomas Young.

Este libro debe mucho, en todos los estadios de su producción, a la dedicación y competentes esfuerzos de Susan Lang, Carol Lane y, muy particularmente, a Shirley Arden, mi secretaria particular.

Debo especial gratitud a Ann Druyan y Steven Soter por su generosa ayuda y estimulantes comentarios sobre buena parte de los temas tratados en el libro. Ann ha contribuido esencialmente en la mayor parte de los capítulos y en la elección del título. Mi deuda para con ella es inmensa.

INTRODUCCIÓN

VIVIMOS EN UNA ÉPOCA EXTRAORDINARIA. Son tiempos de cambios pasmosos en la organización social, el bienestar económico, los preceptos morales y éticos, las perspectivas filosóficas y religiosas y el conocimiento que tiene el hombre de sí mismo, así como en nuestra comprensión de este inmenso universo que nos acoge como grano de arena dentro de un océano cósmico. Desde que el hombre es hombre se ha venido interrogando acerca de una serie de cuestiones profundas y fundamentales, que nos evocan maravillas y, cuando menos, estimulan un conocimiento provisional y dubitativo. Son preguntas sobre los orígenes de la conciencia, la vida sobre nuestro planeta, los primeros tiempos de la Tierra, la formación del Sol, la posibilidad de que existan seres inteligentes en alguna otra parte de la inmensidad celeste. Y la más ambiciosa e inquietante de todas, ¿cuál es el origen, naturaleza y destino último del universo? Excepto en las más recientes fases de la historia humana, todos estos temas habían sido competencia exclusiva de filósofos y poetas, chamanes y teó1ogos. La diversidad y mutua contradicción entre las respuestas ofrecidas ya era claro indicio de que muy pocas de las soluciones propuestas podían ser correctas. Pero hoy, como resultado del conocimiento tan penosamente arrancado a la naturaleza a través de generaciones dedicadas a pensar, observar y experimentar cuidadosamente, estamos a punto de vislumbrar unas primeras respuestas aproximadas a muchas de ellas.

Hay una serie de temas que entretejen la estructura del presente libro. Aparecen tempranamente, desaparecen durante unos cuantos capítulos, y acaban por saltar de nuevo a la luz dentro de un contexto generalmente distinto. Entre ellos, cabe citar los placeres y consecuencias sociales de la empresa científica, la pseudociencia o ciencia pop, el tema de las doctrinas religiosas y su estrecha vinculación con el anterior, la exploración de los planetas y la busca de vida extraterrestre; y también, Albert Einstein, cuando se cumple el centenario de su nacimiento. La mayor parte de los capítulos que componen el texto puede leerse independientemente, pero el orden expositivo de las ideas aportadas ha sido escogido con cierto cuidado. Como ya sucede en alguno de mis libros anteriores, no he vacilado en incluir consideraciones de orden social, político o histórico siempre que lo he creído necesario. La atención prestada a las pseudociencias puede parecer curiosa a ciertos lectores. Los cultivadores de la ciencia popular recibieron años ha el apelativo de «fabricantes de paradojas» *(paradoxers*), curiosa expresión acuñada en Inglaterra el siglo pasado para designar a quienes inventan elaboradas e indemostradas explicaciones cuando la ciencia ya había llegado mucho antes a la comprensión de los problemas y los explicaba en términos mucho más simples. Hoy en día nos vemos invadidos por

fabricantes de paradojas. La actitud usual del científico es ignorarlos a la espera de que acaben por desaparecer. Creo que sería útil, o como mínimo interesante, examinar con mayor atención las pretensiones y argumentos de alguno de estos fabricantes de paradojas y confrontarlos con los de otros sistemas de creencias tanto científicas como religiosas.

Tanto las pseudociencias como la mayoría de las religiones están parcialmente motivadas por un interés en conocer la naturaleza del universo y nuestro papel en él, razón por la que merecen toda nuestra consideración y atención. Además, creo que muchas religiones pueden encerrar un intento serio de enfrentarse con profundos misterios de nuestras historias individuales, tal como se analiza en el último capítulo. Pero tanto la pseudociencia como la religión organizada encierran muchos engaños y peligros. Aunque los practicantes de tales doctrinas suelen desear que no existan críticas que precisen de una réplica por su parte, tanto en ciencia como en religión el único medio de separar las intuiciones más fructíferas de los más profundos sinsentidos es el recurso a un examen escéptico. Espero que las observaciones críticas que vierto en estas páginas sean reconocidas como un intento constructivo. Creo muy acertada la observación de que todas las ideas tienen idéntico mérito, bastante distinta de la catastrófica creencia de que ninguna idea tiene mérito alguno.

Por tanto, este libro trata de la exploración del universo y de la de nuestro propio interior, es decir, tiene la ciencia como tema. Quizá parezca muy diversificada la panoplia de ternas, desde un cristal de sal a la estructura del cosmos, mitos y leyendas, nacimiento y muerte, robots y climatología, exploración de los planetas, naturaleza de la inteligencia o búsqueda de vida fuera de nuestro planeta. Pero, y así espero que se capte, todos estos temas se vinculan porque existen relaciones entre las diversas partes del cosmos, y también porque los seres humanos perciben el mundo a través de órganos sensitivos, cerebros o experiencias que quizá no reflejen las realidades externas con absoluta fidelidad.

Todos y cada uno de los capítulos de *El cerebro de Broca* se han escrito para una audiencia sin distingos. Pocos son los casos en que he incluido ocasionalmente algún detalle técnico (por ejemplo, en «Venus y el doctor Velikovsky», «Norman Bloom, mensajero de Dios», «Experimentos en el espacio» y «Pasado y futuro de la astronomía norteamericana»). No obstante, no hay necesidad alguna de comprender dichos detalles para poder captar el hilo argumental de la discusión.

Algunas de las ideas que desarrollo en los capítulos 1 y 25 las presenté inicialmente ante la Asociación Psiquiátrica Americana en una conferencia en memoria de William Menninger, celebrada en Atlanta, Georgia, en mayo de 1978. El capítulo 16 está inspirado en un discurso de sobremesa de la reunión anual que celebra el Club Nacional del Espacio (Washington, D.C., abril de 1977). El capítulo 18, en mi ponencia ante el simposio conmemorativo del primer vuelo de un cohete

propulsado por combustible líquido, organizado por la Institución Smithsoniana y celebrado en Washington, D.C., en marzo de 1976. El capítulo 23, en un sermón pronunciado ante la Sage Chapel Convocation de la Universidad de Cornell en noviembre de 1977. Y el capítulo 7, en una charla mantenida en la reunión anual de la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia en febrero de 1974.

Este libro se escribe poco antes —por lo menos, yo creo que pocos años o décadas antes— de que arranquemos del cosmos las respuestas a muchas de nuestras engorrosas y algo reverenciales interrogaciones sobre orígenes y destinos. Si antes no nos autodestruimos, buena parte de nosotros llegará a conocer las respuestas. Si hubiésemos nacido cincuenta años antes, hubiéramos podido maravillarnos, meditar y especular sobre los temas indicados, pero sin poder *hacer* nada por descifrarlos. Si naciéramos dentro de cincuenta años, creo que ya se habrían descubierto los enigmas. Nuestros hijos conocerán y aprenderán las respuestas antes de que hayan tenido ni la menor posibilidad de formularse las preguntas. La época más exquisita, satisfactoria y estimulante para vivir es aquella en la que pasemos de la ignorancia al conocimiento de estas cuestiones fundamentales, la época en que comenzamos maravillándonos y terminaremos por comprender. Dentro de los 4000 millones de años de historia de la vida sobre nuestro planeta, dentro de los 4 millones de años de historia de la familia humana, hay una sola generación privilegiada que podrá vivir este momento único de transición: la nuestra.

Ithaca, Nueva York, Octubre de 1978

PRIMERA PARTE

CIENCIA E INTERÉS HUMANO

CAPÍTULO 1

EL CEREBRO DE BROCA

—Ayer, sólo eran monos. Dales tiempo.
—Pues si eran monos, quien tuvo retuvo…
—No, esta vez será diferente… Vuelve dentro de alrededor de un siglo y verás…

Los dioses, hablando de la Tierra, en la versión cinematográfica del libro de H. G. Wells, *El hombre que podía hacer milagros* (1936)

EN CIERTO SENTIDO, el Musée de L'Homme no se diferenciaba de muchos otros. Situado sobre un suave promontorio, desde su restaurante podía captarse una hermosa perspectiva de la torre Eiffel. Estábamos allí para conversar con Yves Coppens, eminente paleo-antropólogo y competente director adjunto del museo. Coppens ha estudiado nuestros ancestros, cuyos fósiles proceden de la garganta de Olduvai, en Kenia y Tanzania, y del lago Turkana, en Etiopía. Hace unos dos millones de años vivían en el este de África unas criaturas a las que denominamos *Homo habilis*, de una estatura aproximada de 1,20 metros, que construían y utilizaban herramientas de piedra, que quizá llegaban a construir viviendas muy simples y cuyos cerebros, a lo largo de un espectacular proceso de acrecentamiento, llegarían a transformarlos en lo que somos hoy en día.

Las instituciones museísticas de este tipo tienen un rostro público y otro privado. La vertiente pública incluye los materiales etnográficos y de antropología cultural expuestos al visitante: vestidos de mongoles o telas pintadas por nativos americanos, algunas quizá preparadas especialmente para que las compraran los *voyageurs y* los emprendedores antropólogos franceses. Pero en su trastienda se albergan otras muchas cosas: gente encargada de preparar las diferentes exposiciones; vastas salas que sirven de almacén a objetos inadecuados para su presentación al público, ya sea por el tema que tratan o por razones de espacio; áreas en las que trabaja el personal dedicado a la investigación. Fuimos conducidos a través de oscuros laberintos y mohosas salas, que iban desde angostos cubículos a amplias rotondas. En los pasillos se amontonaban materiales de investigación: una reconstrucción del suelo de una cueva paleolítica en la que se mostraba el lugar donde habían sido arrojados los huesos de antílope tras la comida del día; estatuillas priápicas de madera procedentes de la Melanesia; utensilios de comida delicadamente decorados; grotescas máscaras ceremoniales; azagayas de Oceanía; un mohoso cartel representando a una esteatopigia mujer de África; un lóbrego y húmedo almacén lleno hasta el techo de los más diversos instrumentos musicales, desde instrumentos de cuerda con calabazas

como cajas de resonancia, flautas de Pan hechas con caña, cajas de percusión con pieles de diversos animales y otras innumerables muestras de los indomables impulsos que siempre ha sentido el hombre hacia la creación musical.

Aquí y allí podían verse unas pocas personas ocupadas en labores de investigación, cuyo porte y maneras distantes y respetuosas contrastaban vivamente con la cordial capacidad bilingüe de Coppens. Obviamente, la mayor parte de las salas estaban destinadas al almacenamiento de materiales antropológicos recogidos y coleccionados durante más de un siglo. Se tenía la sensación de transitar por un museo de segundo orden en el que se habían recogido materiales no tanto porque tuvieran demasiado interés sino porque tal vez lo habían tenido en otros tiempos pretéritos. Podía percibirse en el ambiente la presencia de los directores del museo durante el siglo XIX, cubiertos con sus levitas ocupados básicamente en trabajos de *goniométrie y craniologie,* febrilmente entregados a coleccionarlo y medirlo todo con la pía esperanza de que la mera cuantificación podía llevarles hasta la comprensión de los interrogantes planteados.

Aún existía otra zona del museo más recóndita, una extraña mezcla de activo centro de investigación y de vitrinas, armarios y anaqueles franca y totalmente abandonados. Aquí, la reconstrucción de un esqueleto articulado de orangután. Allí, una amplia mesa cubierta de cráneos humanos pulcramente clasificados. Más allá, un cajón lleno de fémures apilados en la alacena del material del conserje de una escuela. Existía también una demarcación donde se alineaban restos neanderthalienses, entre ellos el primer cráneo reconstruido de un hombre de Neanderthal, obra de Marcellin Boule. Tomé con todo cuidado la pieza entre mis manos. Daba la sensación de objeto ligero y delicado; las suturas eran perfectamente visibles. Quizás me hallaba ante la primera prueba empírica indiscutible de que en épocas lejanas existieron criaturas muy semejantes a nosotros, criaturas que se habían extinguido, y cuya desaparición venía a alzarse como inquietante sugerencia de que tal vez nuestra especie no sobrevivirá por los siglos de los siglos. También había allí una estantería donde se alineaban dientes de varios tipos de homínidos, entre los que se incluían los grandes molares trituradores del *Australopithecus robustus*, un contemporáneo del *Homo habilis*. En otro rincón, una colección de cajas con cráneos de *Cro-Magnon se* apilaban limpios y en perfecto orden como leña dispuesta para un hogar. Todo este conjunto de reliquias eran los razonables y en cierto modo imprescindibles fragmentos probatorios que habían permitido reconstruir parte de la historia de nuestros ancestros y parientes colaterales.

En el fondo de la sala había otras colecciones más macabras y turbadoras. Una vitrina encerraba dos cabezas de reducidas dimensiones con un aire burlón en sus muecas; unos correosos labios vueltos hacia arriba dejaban al descubierto hileras de dientes puntiagudos y diminutos. A su lado, múltiples frascos herméticamente

cerrados encerraban pálidos embriones y fetos humanos bañados en un sombrío fluido verdoso. La mayor parte de los especímenes eran normales, aunque ocasionalmente la mirada podía detenerse ante alguna inesperada anomalía como, por ejemplo, un par de siameses unidos por el esternón o un feto con dos cabezas y sus cuatro ojos herméticamente cerrados.

Pero aún había más. Una hilera de amplios frascos cilíndricos que albergaban, para mi asombro, cabezas humanas perfectamente conservadas. Un hombre de enormes mostachos rojos, de poco más de veinte años y originario, como indicaba la etiqueta adjunta, de Nueva Caledonia. Quizá se tratase de un marinero que se había embarcado rumbo a los trópicos donde tras ser capturado perdería la vida; su cabeza se había convertido involuntariamente en objeto de estudio científico. Más allá, tres cabezas de niño en un mismo recipiente, quizá como simple medida económica. Hombres, mujeres y niños de ambos sexos y múltiples razas, cuyas cabezas habían llegado hasta Francia para, quizá tras un breve estudio inicial, consumirse en un rincón del Musée de L'Homme. Y yo me preguntaba ante tal espectáculo, ¿en qué condiciones debió producirse el embarque de las cajas cargadas con cabezas en conserva? ¿Acaso los oficiales de los buques especularon a la hora del café acerca del contenido de la carga almacenada en las bodegas? ¿Tal vez les traía sin cuidado el asunto ya que las cabezas no eran casi nunca de blancos europeos como ellos? ¿Acaso bromeaban en torno a la carga para demostrar un cierto distanciamiento emocional, mientras que en privado no dejaban de sentir un cierto remordimiento ante los horrores que transportaban? Una vez llegadas a París las colecciones, ¿fueron recibidas por científicos activos y sistemáticos que dirigían con eficacia las operaciones de transporte y almacenamiento de los cargamentos de cabezas? ¿Estaban impacientes por desprecintar los frascos y proceder a la medición de los cráneos humanos con sus calibradores? ¿Acaso el responsable de la colección, fuera quien fuese, asumía su trabajo con entusiasmo y arrogancia libres de todo objetivo secundario?

Siguiendo mi visita, llegamos al rincón más recóndito de esta ala del museo. Y allí descubrí una colección de retorcidos objetos grisáceos nadando en formalina a fin de retardar su descomposición: se trataba de un conjunto de anaqueles con cerebros humanos. Alguien se había ocupado de practicar rutinarias craneotomías en cadáveres de personalidades con objeto de extirpar sus cerebros en beneficio del progreso científico. Allí estaba el cerebro de un intelectual europeo que había alcanzado renombre momentáneo antes de marchitarse en aquellas polvorientas estanterías. Acullá el cerebro de un convicto asesino. Qué duda cabe, los científicos de la época esperaban que pudiese existir alguna anomalía, algún indicio revelador, en la anatomía cerebral o en la configuración craneana de los asesinos. Quizá esperaban demostrar que el asesino lo creaban influencias hereditarias y no sociales. La

frenología fue una desgraciada aberración del siglo XIX. Puedo oír a mi amiga Ann Druyan afirmando: «la gente a la que matamos de hambre y torturamos tiene una tendencia antisocial a robar y matar. Y creemos que actúan de ese modo a causa de su prominente entrecejo». Pero lo cierto es que no hay modo de distinguir entre los cerebros de los asesinos y los de los sabios (los restos del cerebro de Albert Einstein están, recordémoslo de pasada, flotando en un frasco depositado en la universidad de Wichita). Es indudable que quien hace a los criminales no es la herencia sino la sociedad.

Mientras escudriñaba la colección sumido en similares meditaciones, mi vista se sintió atraída por la etiqueta unida a uno de estos frascos cilíndricos. Tome el recipiente del anaquel y lo examiné desde cerca. En la etiqueta podía leerse *P. Broca*. Tenía en mis manos el cerebro de Broca.

Paul Broca fue cirujano, neurólogo y antropólogo, una de las figuras más prominentes de la medicina y la antropología del siglo pasado. Realizó importantes trabajos en el estudio de la patología cancerosa y en el tratamiento de los aneurismas, así como una contribución esencial a la comprensión de los orígenes de la afasia, nombre con que se designa todo menoscabo de la habilidad para articular ideas. Broca fue un hombre brillante y apasionado, con una ferviente dedicación al tratamiento médico de las capas sociales más míseras. Al amparo de la noche y con riesgo de su propia vida, consiguió en cierta ocasión sacar clandestinamente de París en una carreta tirada por caballos setenta y tres millones de francos dentro de unas maletas escondidas bajo montones de patatas; se trataba de dinero de los fondos de la Asistencia Pública que, según su opinión, corrían peligro de inminente pillaje. Fue el fundador de la moderna cirugía cerebral. Asimismo, se dedicó al estudio del problema de la mortalidad infantil. Hacia el final de su vida fue nombrado senador.

Como ha indicado uno de sus biógrafos, amaba por encima de todo el sosiego y la tolerancia. En 1848 fundó una sociedad de «librepensadores». Fue uno de los pocos científicos franceses de su época que mostraron adhesión a la tesis darwiniana de la evolución a través de la selección natural entre las especies. T. H. Huxley, «el perro guardián de Darwin», señalaría que la simple mención del nombre de Broca llenaba su espíritu de un sentimiento de gratitud, y se atribuye a Broca la afirmación de que «prefiero ser un mono transformado que un hijo degenerado de Adán». Por tales ideas y otros puntos de vista similares fue denunciado por «materialismo» y por corruptor de la juventud, como lo fuera siglos antes Sócrates. Sin embargo, recibió la nominación de senador.

Muchos años antes Broca había tenido enormes dificultades para crear en Francia una asociación dedicada al estudio de la antropología. El ministro de Instrucción Pública y el Prefecto de Policía albergaban la creencia de que la antropología podía

ser, como todo intento encaminado a profundizar en el conocimiento de los seres humanos, innatamente subversiva para los intereses del Estado. Cuando por fin y a regañadientes Broca obtuvo autorización para hablar con dieciocho colegas de su campo común de intereses científicos, el Prefecto de Policía le recordó que le haría personalmente responsable de todo cuanto pudiera decirse en tales reuniones «contra la sociedad, la religión o el gobierno». A pesar de todo, el estudio de los seres humanos se consideraba tan peligroso en aquellos tiempos que la policía envió a todas las reuniones un espía con amenaza explícita de que la autorización para celebrar tales reuniones sería revocada de inmediato si el delegado gubernativo se escandalizaba o consideraba delictiva cualquier afirmación vertida en ellas. Tales fueron las circunstancias bajo las que celebraba su primera reunión la Sociedad de Antropología de París el 19 de mayo de 1859, el mismo año en que se publicó la primera edición de *El origen de las especies*. En reuniones sucesivas iba a discutirse sobre una amplia gama de temas —arqueología, mitología, fisiología, anatomía, medicina, psicología, lingüística e historia—, y fácil es imaginar al espía gubernativo dormitando en un rincón de la sala durante la mayor parte de las sesiones. Según explica Broca, en cierta ocasión el espía sintió ganas de dar un pequeño paseo y preguntó si podía abandonar la sala con la garantía de que en su ausencia no iba a tratarse ningún asunto lesivo para el Estado. «No, no, amigo mío», le respondió Broca, «usted no puede irse a dar ninguna vuelta. Siéntese y justifique su sueldo». Pero no só1o era la policía la que mostraba en Francia por aquel entonces oposición al desarrollo de la antropología, sino también el clero, y en 1876 el Partido Católico Romano organizó una gran campaña contra las enseñanzas del Instituto de Antropología de París fundado por Broca.

Paul Broca falleció en 1880, quizá a causa de un tipo de aneurisma muy similar al que tan brillantemente había estudiado. Cuando le sorprendió la muerte estaba trabajando en un minucioso estudio de la anatomía cerebral. Broca fundó las primeras sociedades profesionales, escuelas de investigación y revistas científicas de la antropología francesa moderna. Los especímenes de su laboratorio personal fueron incorporados al que durante años recibiría el nombre de Musée Broca. Posteriormente pasarían a integrarse en el más amplio Musée de L'Homme.

Fue el propio Broca, cuyo cerebro tenía yo ahora en mis manos, quien creó la macabra colección que había estado contemplando. Habían sido objeto de su estudio embriones y monos, gentes de todas las razas, midiéndolo todo enloquecidamente en un supremo esfuerzo por comprender la naturaleza profunda del ser humano. Y a pesar del aspecto presente de la colección y de mis recelos, no fue, al menos de acuerdo con los patrones de su tiempo, más patriotero o más racista que otros y ciertamente no ofreció un apoyo incondicional al racismo con sus teorías y menos aún con sus actos. El científico frío, poco cuidadoso y desapasionado no toma en

consideración las consecuencias humanas que puedan derivarse de su trabajo. Broca siempre las tuvo muy en cuenta.

En la *Revue d'Anthropoligie* de 1880 se recoge una bibliografía exhaustiva de los escritos de Broca. Entre sus títulos, que tuve ocasión de hojear algún tiempo después, puede rastrearse el origen de la colección que acababa de contemplar:

«Sobre el cráneo y el cerebro del asesino Lamaire», «Presentación del cerebro de un gorila macho adulto», «Sobre el cerebro del asesino Prevost», «Sobre la supuesta heredabilidad de características accidentales», «La inteligencia de los animales y el dominio de los humanos», «El orden de los primates: paralelos anatómicos entre hombres y monos», «El origen del arte de obtener fuego», «Sobre monstruos dobles», «Discusión en torno a los microcéfalos», «Trepanaciones prehistóricas», «Sobre dos casos de desarrollo de un dedo supernumerario en la edad adulta». «Las cabezas de dos nuevacaledonianos» y «Sobre el cráneo de Dante Alighieri». Desconozco el lugar donde pueda hallarse actualmente el cráneo del autor de la *Commedia*, pero la colección de cerebros, cráneos y cabezas que me rodeaban constituye sin duda alguna los primeros pasos del trabajo de investigación realizado por Paul Broca.

Broca fue un extraordinario anatomista cerebral y efectuó importantes investigaciones sobre la región límbica, conocida inicialmente con el nombre de rinencéfalo (el «cerebro olfativo»), zona que como sabemos hoy en día se halla estrechamente vinculada a las emociones humanas. Pero quizá su trabajo más celebrado en nuestros días sea el descubrimiento de una pequeña región ubicada en la tercera circunvolución del lóbulo frontal izquierdo de la corteza cerebral, la que en honor de su descubridor denominamos hoy área de Broca. Tomando como punto de partida un escaso número de pruebas experimentales, Broca puso al descubierto que dicha zona del cerebro controla la emisión articulada del lenguaje y se erige como la sede fundamental de tan característica actividad humana. El área de Broca fue uno de los primeros descubrimientos que puso de manifiesto la separación de funciones existentes entre ambos hemisferios cerebrales. Y algo aún más importante, fue una de las primeras pruebas sólidas de la existencia de funciones cerebrales específicas localizadas en zonas muy precisas del cerebro, de que existe una conexión entre la anatomía cerebral y sus diferentes actividades concretas, actividades que a veces suelen calificarse como «mentales».

Ralph Holloway es un investigador de la Universidad de Columbia dedicado al estudio de la antropología física cuyo laboratorio imagino que puede guardar ciertas similitudes con el de Broca. Holloway ha construido con goma de látex unos moldes de cavidades craneales de seres humanos y otros afines, pasados y presentes, con objeto de intentar reconstruir, a partir de las huellas superficiales dejadas por la superficie interna del cráneo, la evolución histórica del cerebro. Holloway sostiene

que para poder hablar de criatura humana es imprescindible la presencia en su cerebro de un área de Broca, ofreciéndonos pruebas de la aparición de un primer esbozo de la misma en el cerebro del *Homo habilis* unos dos millones de años atrás, justo en el momento en que aparecen las primeras construcciones y herramientas humanas. En este punto concreto, la perspectiva frenológica no carece de sentido. Parece sumamente verosímil que el pensamiento y el trabajo humanos tuvieran un desarrollo paralelo al de la palabra articulada, de manera que el área de Broca puede considerarse como una de las sedes fundamentales de nuestra humanidad en la medida en que, sin la menor duda, nos permite delinear la relación que nos vincula con nuestros antepasados en su progresión hasta alcanzarla.

Y ahí estaba, flotando ante mis ojos, nadando a trozos en un mar de formalina, el cerebro de Broca. Podía observar la región límbica que Broca había estudiado en otros, las circunvoluciones del neocortex, incluso el lóbulo frontal izquierdo de color gris blancuzco donde tiene su asiento el área que toma su nombre del de su descubridor, pudriéndose inadvertidamente en un triste rincón de la colección que iniciara el propio Broca.

Era difícil sostener el cerebro de Broca sin tener la sensación de que, en alguna medida, todavía estaban allí, presentes, su ingenio, su talante escéptico, sus abruptas gesticulaciones al hablar, sus momentos de quietud y sentimentalismo. ¿Acaso se hallaba preservada ante mí, en la configuración neuronal, una recolección de los triunfales momentos en que defendía ante una asamblea conjunta de facultades de medicina (y ante su padre, henchido de orgullo) su teoría sobre los orígenes de la afasia? ¿O tal vez una comida en compañía de su amigo Víctor Hugo? ¿Quizás un paseo a la luz de la luna en un atardecer otoñal a lo largo del Quai Voltaire y el Font Royal en compañía de su esposa? ¿Adónde vamos a parar después de morir? ¿Acaso Paul Broca estaba todavía ahí, en un frasco lleno de formalina? Tal vez hubiese desaparecido todo rastro de memoria, aunque las investigaciones contemporáneas sobre la actividad cerebral proporcionan pruebas convincentes de que un cierto tipo de memoria queda redundantemente almacenada en numerosos y diferentes lugares de nuestro cerebro. Cuando en un futuro se produzcan avances substanciales en el terreno de la neurofisiología, ¿podremos, tal vez, reconstruir las memorias o intuiciones de alguien fallecido tiempo ha? Por lo demás, ¿parece deseable tal perspectiva? Equivaldría a la pérdida del último bastión de nuestra privacidad, aunque también cabe tener en cuenta que equivaldría a un cierto tipo de inmortalidad efectiva pues, y especialmente para hombres de la talla de Broca, es indudable que la mente constituye algo así como la esencia de su entidad física y psíquica.

Dado el carácter de los materiales acumulados en esta recóndita y olvidada sala del Musée de 1'Homme me sentí de inmediato inclinado a atribuir a los creadores de la colección —por entonces desconocía aún que hubiese sido Broca— un manifiesto

e innegable sexismo, racismo y patrioterismo, una profunda resistencia ante la idea de una estrecha interrelación entre los seres humanos y los demás primates. Y en parte eso era indudable. Broca fue un humanista del siglo XIX, si bien no había conseguido desprenderse de los prejuicios y enfermedades sociales que agostaban a la humanidad de su tiempo. Broca creía en la superioridad de los hombres frente a las mujeres y en la de los blancos frente a las demás razas. En tal contexto, incluso su conclusión de que los cerebros alemanes no eran significativamente diferentes de los franceses no era más que una refutación de la defensa por parte de los teutónicos de su superioridad frente a los galos. Con todo, el científico francés sostuvo la existencia de profundas vinculaciones entre la fisiología cerebral de gorilas y hombres. Broca, fundador de una sociedad de librepensadores en su juventud, creía en la necesidad e importancia de una investigación libre de trabas y dedicó buena parte de su vida a la consecución de tal objetivo. El fracaso de tales ideales pone de manifiesto que, incluso para alguien como Broca que no escatimó esfuerzos en favor de la libertad de investigación, era en realidad muy sencillo apartarse de los mismos a causa de un fanatismo e intolerancia endémicos. La sociedad puede llegar a corromper al mejor de los hombres. Considero injusto criticar a alguien por no haber compartido las ideas progresistas que están gestándose en su tiempo, aunque no por ello deja de ser tremendamente desalentador que los prejuicios retrógrados lleguen a tener tan tremenda fuerza persuasiva. Este tema plantea enojosas incertidumbres acerca de que ideas vistas en nuestra época como verdades convencionales genéricamente aceptadas llegaran a considerarlas fanatismo gratuito nuestros inmediatos sucesores. Creo, pues, que el mejor modo de pagar a Paul Broca la deuda que tan involuntariamente nos legó con su ejemplo consiste en discutir profunda y seriamente nuestras creencias más profundamente arraigadas.

Estos frascos olvidados en un rincón y su espantoso contenido fueron coleccionados, por lo menos parcialmente, desde una perspectiva humanista, y quizá en un futuro, cuando el estudio del cerebro humano haya avanzado de forma substancial, vuelvan a mostrarse como materiales útiles para la investigación. Por mi parte, desearía conocer algo más acerca de aquel bigotudo marinero cuya cabeza fue trasladada a París desde Nueva Caledonia.

Pero la contemplación de esta especie de cámara de los horrores evoca de inmediato y espontáneamente otros pensamientos perturbadores. Ante todo, no podemos evitar un intenso sentimiento de simpatía hacia seres cuya existencia nos es recordada de modo tan indecoroso, y muy especialmente hacia aquellas personas muertas en su juventud o con sufrimiento. Los caníbales originarios del noroeste de Nueva Guinea usan para la construcción de las jambas y dinteles de sus viviendas amontonamientos de calaveras. Quizá sean estos los mejores materiales para construcción de que disponen, pero los arquitectos del país no pueden ignorar por

completo el terror que desencadenan sus construcciones en los viajeros desprevenidos. Las SS de Hitler, los Ángeles del Infierno, los chamanes, los piratas, e incluso los embotelladores de yodo, han usado el símbolo de la calavera con el propósito evidente de despertar sentimientos de terror. Se trata de algo perfecta y totalmente coherente. Cuando me encuentro en una habitación llena de calaveras es bastante probable que ande alguien por los alrededores, quizá una manada de hienas, tal vez un tétrico y activo decapitador cuya ocupación o distracción es coleccionar cráneos humanos. Tan inquietantes compañías deben evitarse o, de ser posible, proceder a su eliminación. La comezón del cabello sobre mi nuca, la aceleración del pulso y de los latidos del corazón y un pegajoso y gélido sudor han sido generados por el proceso evolutivo para que me apreste a combatir o a emprender la huida. Quienes evitan la decapitación dejan tras sí mayor descendencia. Por tanto, experimentar tales sensaciones de miedo constituye una clara ventaja desde una perspectiva evolucionista. Pero aún resulta más terrorífico encontrarse en una habitación repleta de cerebros, como si algún monstruo moral indescriptible armado con espantosas cuchillas y espátulas se arrastrara y babeara por los tejados del Musée de l'Homme.

No obstante, creo que nuestras sensaciones dependen en buena medida de los propósitos que han dirigido la creación de tan macabra colección. Si el objetivo es la investigación científica, si los restos humanos han sido seccionados *post mortem* —y muy especialmente si han sido obtenidos con el consentimiento previo de aquellas personas a quienes pertenecieran en vida—, puede pensarse que el daño ocasionado es poco y que, a la larga, tal vez incluso quepa pensar que redundarán en beneficio de la humanidad. Pero a pesar de todas estas consideraciones, no consigo tener la plena seguridad de que los científicos actúen por motivaciones ajenas totalmente a las que rigen el comportamiento de los caníbales de Nueva Guinea. ¿Acaso no suelen decir ante el nerviosismo de cualquier observador: «Vivo cotidianamente rodeado por estas cabezas, y es algo que no me molesta: por qué le producen a *usted tales* nauseas»?

Leonardo y Vesalio tuvieron que recurrir al cohecho y al secreto para poder llevar a cabo sus primeras disecciones sistemáticas de seres humanos en Europa a pesar de que siglos antes hubiese existido una floreciente y capaz escuela de anatomía en la antigua Grecia. La primera persona que localizó desde perspectivas neuroanatómicas la inteligencia humana en la cabeza fue Herófilo de Calcedonia, médico griego cuya actividad alcanza su cenit alrededor del 300 a. de C. Herófilo fue también el primero en distinguir entre nervios motores y sensoriales y efectuó el estudio más completo de la anatomía cerebral intentado hasta el Renacimiento. Indudablemente, no faltaron objetores a sus repugnantes predilecciones experimentales. Existe un oculto temor, que se hace explícito en la famosa leyenda de Fausto, a «conocer» ciertas cosas, que

determinados interrogantes son demasiado peligrosos para que puedan desvelarlos los seres humanos. Hay un claro ejemplo en nuestros días, el desarrollo del armamento nuclear, ya que si nos falta prudencia y suerte puede constituir un claro ejemplo de los peligros apuntados. Pero en el caso de los experimentos sobre el cerebro nuestros temores son bastante menos intelectuales. Se trata de experimentos que hincan sus raíces en lo más profundo de nuestro pasado evolutivo, evocan imágenes de jabalíes y salteadores de caminos que aterrorizaban a viajeros y poblaciones rurales en la antigua Grecia ante el peligro más que probable de mutilaciones procrústeas u otras crueldades hasta que algún héroe, fuese Teseo o Hércules, les despachara sin mayor esfuerzo. Los mencionados temores han desempeñado en épocas pretéritas una función adaptativa y francamente útil. Sin embargo, creo que en nuestros días constituyen un bagaje básicamente emocional. Como científico que ha escrito sobre el cerebro humano, me interesó detectar mientras contemplaba la colección reunida por Broca tal tipo de sentimientos ocultos en mi interior. Y tales temores son indudablemente valiosos.

Toda investigación trae consigo algún elemento de riesgo. No existe garantía alguna de que el universo llegue a ajustarse a nuestras predisposiciones. Sin embargo, no veo otra forma de ocuparnos de él, tanto del universo inmediato como del exterior a nosotros, que sometiéndolo a estudio. El mejor medio que tiene la humanidad para evitar todo tipo de abusos es adquirir una educación científica que le permita comprender las derivaciones que trae consigo todo programa de investigación. Como contrapartida a la libertad de investigación, los científicos tienen la obligación de explicar a la opinión pública la naturaleza de su trabajo. Si se considera a la ciencia como un sacerdocio cerrado, demasiado difícil y arcano para ser comprendido por el hombre de la calle, los peligros de abuso son enormes. La ciencia es un tema de interés general y nos afecta a todos sin exclusión. Al discutir de forma regular y con competencia sus objetivos y consecuencias sociales en escuelas, prensa y conversaciones de sobremesa habremos mejorado en gran medida nuestras perspectivas de comprensión del mundo, así como las de su perfeccionamiento y el nuestro. Se trata de una idea que, a veces fantaseo, muy bien creo pudiese seguir impresa en el cerebro de Broca mientras indolentemente navega en el seno de un mar de formalina.

CAPÍTULO 2

¿PODEMOS CONOCER EL UNIVERSO? REFLEXIONES SOBRE UN GRANO DE SAL

Nada tan rico como el inagotable caudal de la Naturaleza. Tan solo nos muestra superficies, pero su profundidad es de un millón de brazas.

RALPH WALDO EMERSON

LA CIENCIA ES MUCHO MÁS una determinada manera de pensar que un cuerpo de conocimientos. Su objetivo es descubrir cómo funciona el mundo, detectar las regularidades que puedan existir, captar las vinculaciones que se dan entre las cosas —desde las partículas elementales, que pueden ser los constituyentes últimos de toda materia, para organismos vivos, la comunidad social de los seres humanos y, cómo no, el cosmos contemplado en su globalidad. Nuestra intuición no es ni por asomo una pauta infalible. Nuestras percepciones pueden verse falseadas por la educación previa y los prejuicios, o simplemente a causa de las limitaciones de nuestros órganos sensoriales que, por descontado, só1o pueden percibir directamente una pequeña fracción de los fenómenos que se producen en el mundo. Incluso una cuestión tan directa como la de si, en ausencia de fricción, cae más rápidamente una libra de plomo que un gramo de lana, fue resuelta incorrectamente por casi todo el mundo hasta llegar a Galileo, y entre los equivocados se hallaba, cómo no, el propio Aristóteles. La ciencia se fundamenta en la experimentación, en un ansia permanente de someter a prueba los viejos dogmas, en una apertura de espíritu que nos permita contemplar el universo tal como realmente es. No puede negarse que en ciertas ocasiones la ciencia exige coraje; como mínimo el imprescindible para poner en entredicho la sabiduría convencional.

El principal rasgo definitorio de la ciencia es pensar de verdad toda cosa: el tamaño de las nubes y las formas que adoptan, incluso en su estructura más profunda, en cualquier parte del cielo para una altitud dada; la formación de una gota de rocío sobre una hoja; el origen de un nombre o una palabra; la razón de una determinada costumbre social humana, como por ejemplo el tabú del incesto; por qué una lente sobre la que incida la luz solar puede quemar un papel; que razón nos hace ver un bastón de paseo como una pequeña ramita; por qué parece seguirnos la Luna cuando paseamos; qué nos impide perforar la Tierra con un agujero que llegue hasta el centro del planeta; qué sentido tiene el término «abajo» en una Tierra esférica; de qué modo el cuerpo puede convertir la comida de ayer en el músculo y el nervio de hoy; dónde

están los límites del universo, ¿puede este expandirse indefinidamente, o no?; ¿tiene algún significado la pregunta de qué hay más allá? Algunos de estos interrogantes son singularmente fáciles de responder. Otros, especialmente el último, son misterios de los que no conocemos la solución incluso en nuestros días. Son interrogantes naturales a resolver. Toda cultura se ha planteado, de una u otra forma, tales cuestiones. Las respuestas propuestas casi siempre han sido de categoría «narrativa» o «fabulada», con explicaciones divorciadas de toda tarea experimental, e incluso de toda observación comparativa cuidadosa.

Pero la mentalidad científica examina el mundo críticamente, como si pudieran existir otros muchos mundos alternativos, como si aquí pudiesen existir cosas que ahora no encontramos. Y en consecuencia, nos vemos obligados a responder por qué cuanto vemos es así y no de otra forma. ¿Por qué son esféricos el Sol y la Luna? ¿Por qué no piramidales, cúbicos o dodecaedricos? ¿Por qué tal simetría en el mundo? ¿Por qué, incluso, no tiene formas irregularmente caprichosas? Si alguien gasta parte de su tiempo proponiendo hipótesis, comprobando si tienen sentido y si concuerdan con cuanto ya conocemos, pensando en pruebas experimentales que den validez o se la nieguen a nuestras hipótesis, este alguien está haciendo ciencia. Y a medida que van tomando más y más fuerza estos hábitos de pensamiento, más a gusto se halla el individuo con ellos. Penetrar en el corazón de las cosas —incluso en el de las más pequeñas, en el de una brizna de hierba, como dijera Walt Whitman— produce un tipo de excitación y alegría que parece muy posible que, de todos los seres que pueblan este planeta, solo puedan experimentarla los seres humanos. Somos una especie inteligente, y un uso adecuado de nuestra inteligencia nos produce placer. En este aspecto, el cerebro es como un músculo. Cuando pensamos bien, nos sentimos bien. Comprender es un cierto tipo de éxtasis.

Pero, ¿hasta qué punto podemos conocer en realidad el universo que nos rodea? A veces esta pregunta la plantean individuos que esperan obtener una respuesta de tonos negativos, que sienten temor ante la idea de un universo del que algún día se llegue a conocer todo. A veces encontramos científicos que confidencialmente expresan su creencia de que todo cuanto es digno de ser conocido pronto lo será —o que incluso ya lo es—, y que nos pintan el cuadro de una edad dionisíaca o polinésica en la que se habrá marchitado el entusiasmo por la adquisición de nuevos descubrimientos intelectuales; lo habremos reemplazado por cierta languidez sumisa, nos alimentaremos de lotos y beberemos leche de coco fermentada o algún otro suave alucinógeno. Además de calumniar a los polinesios, que fueron intrépidos exploradores (y cuyo breve descanso en el paraíso esta lastimosamente llegando hoy a su fin), y a los estímulos para el descubrimiento intelectual que proporcionan ciertos alucinógenos, este punto de vista se nos muestra como obviamente erróneo.

Planteemos de momento una pregunta mucho más modesta. No nos preguntemos

si podemos conocer la naturaleza del universo, la Vía Láctea, una estrella o un mundo sino si nos es dado conocer, en última instancia y de forma pormenorizada, la naturaleza de un grano de sal. Consideremos un microgramo de sal de mesa, una partícula apenas lo suficientemente grande como para que alguien con una vista muy aguda pueda detectarlo sin la ayuda de un microscopio. En este grano de sal hay alrededor de 1E+16 millones de átomos de cloro y sodio, es decir, 10 000 billones de átomos. Si deseamos conocer la estructura de este grano de sal, necesitamos determinar como mínimo las coordenadas tridimensionales de cada uno de sus átomos. (De hecho precisamos conocer muchas más cosas, como por ejemplo la naturaleza de las fuerzas con que se interaccionan los átomos, pero para el caso nos contentaremos con cálculos de gran modestia). Pues bien, ¿la cifra indicada es mayor o menor que el número de cosas que puede llegar a conocer el cerebro humano?

¿Cuál es el límite de informaciones que puede albergar el cerebro? En nuestro cerebro quizá haya un total de 1E+11 neuronas, los circuitos elementales y conexiones responsables de las actividades química y eléctrica que hacen funcionar nuestras mentes. Una neurona típica tiene como mucho un millar de pequeñas terminaciones, las dendritas, que establecen su conexión con las contiguas. Si, como parece ser, a cada una de tales conexiones le corresponde el almacenamiento de un bit de información, el número total de cosas cognoscibles por el cerebro humano no excede de 1E+14 es decir, la cifra de los 100 billones. En otros términos, algo así como el 1% del número de átomos que contiene una pequeña partícula de sal.

Desde tal punto de vista el universo se nos convierte en inabordable, asombrosamente inmune a todo intento humano de alcanzar su completo conocimiento. Si a este nivel no nos es dado comprender la exacta naturaleza de un grano de sal, mucho menos lo será determinar la del universo.

Pero observemos con mayor atención nuestro microgramo de sal. La sal es un cristal que, a excepción de eventuales defectos que puedan presentarse en su estructura reticular, mantiene posiciones bien predeterminadas para cada uno de los átomos de sodio y de cloro que lo integran. Si pudiésemos contraernos hasta posibilitar nuestra incursión en tal mundo cristalino, podríamos ver, fila tras fila, una ordenada formación de átomos, una estructura regularmente alternante de átomos de sodio y cloro, con lo que tendríamos especificada por completo la capa de átomos sobre la que estuviésemos colocados y todas las demás situadas por encima y por debajo de ella. Un cristal de sal absolutamente puro tendría completamente especificada la posición de cada uno de sus átomos con unos 10 bits de información[1]. Evidentemente, tal estado de cosas no abrumaría en lo más mínimo la capacidad de almacenar información propia del cerebro humano.

Si el universo tiene un comportamiento regulado por leyes naturales con un orden de regularidad similar al que determina la estructura de un cristal de sal común, es

obvia nuestra capacidad para abordar su conocimiento. Incluso en el supuesto de que existan muchas de tales leyes, de considerable complejidad cada una de ellas, los seres humanos gozan de la necesaria capacidad para comprenderlas todas. Y en el supuesto de que los conocimientos precisos sobrepasaran la capacidad de almacenamiento de información de nuestros cerebros, quedaría la posibilidad de almacenar información adicional fuera de nuestros propios cuerpos —por ejemplo, en libros o en memorias magnéticas de computadora—, de modo que, en cierto sentido, seguiría siendo posible el conocimiento del universo.

Los seres humanos se hallan enormemente motivados para emprender la búsqueda de regularidades, de leyes naturales, cosa por lo demás perfectamente comprensible. La búsqueda de leyes, el único camino posible para llegar a comprender un universo tan vasto y complejo, recibe el nombre de ciencia. El universo obliga a quienes lo pueblan a entenderlo. Aquellos seres que se topan en su experiencia cotidiana con un confuso revoltillo de eventos imprevisibles y carentes de regularidad se encuentran en grave peligro. El universo pertenece a quienes, al menos en cierta medida, lo han descifrado.

Es un hecho realmente asombroso que existan leyes de la naturaleza, reglas que sinteticen de forma adecuada —no sólo cualitativa, sino también cuantitativamente— el funcionamiento del mundo. Podemos imaginar un universo sin tales leyes, un universo en el que las 10^{80} partículas elementales que lo integran se comportaran con absoluto e intransigente abandono. Para comprender tal tipo de universo necesitaríamos un cerebro con una masa casi tan grande como la suya. Parece bastante inverosímil suponer que en dicho universo pudiese existir vida e inteligencia, pues los seres dotados de cerebro requieren cierto grado de estabilidad y orden internos. Pero incluso si en un universo mucho más aleatorio que el nuestro existieran seres con inteligencia muy superior a la nuestra, es indudable que no podrían alcanzar demasiado conocimiento ni experimentar excesiva pasión o alegría.

Para nuestra fortuna, vivimos en un universo en el que son susceptibles de conocimiento, al menos, algunos de sus más importantes aspectos. La experiencia acumulada por nuestro sentido común y la historia evolutiva de la humanidad nos han preparado para comprender algo del mecanismo cotidiano que mueve el mundo. Sin embargo, cuando nos introducimos en otros ámbitos, el sentido común y la intuición ordinaria pueden llegar a convertirse en muy malos consejeros. Es pasmoso el hecho de que al aproximamos mucho a la velocidad de la luz nuestra masa crece indefinidamente, nuestro espesor llega a ser prácticamente nulo en la dirección del movimiento y el tiempo parece detenerse para nosotros. Mucha es la gente que cree que esto es una necedad, y no pasa semana sin que reciba una carta de alguien que se lamente de la situación. Pero no hay vuelta de hoja. Son consecuencias virtualmente ciertas, no sólo por la experimentación, sino también, debido al brillantísimo análisis

de Albert Einstein sobre la naturaleza del espacio y el tiempo conocido como teoría especial de la relatividad. No viene al caso que tales efectos puedan parecernos escasamente razonables, pues no tenemos el menor hábito de viajar a velocidades próximas a la de la luz. En el terreno de las altas velocidades, el testimonio de nuestro sentido común resulta irrelevante.

Imaginemos ahora una molécula aislada compuesta por dos átomos cuya estructura pueda recordarnos por su forma a la de unas pesas de halterofilia. Por ejemplo, puede muy bien ser una molécula de sal común. Dicha molécula gira alrededor de un eje en dirección idéntica a la línea que une ambos átomos. Pues bien, en el mundo de la mecánica cuántica, en el reino de lo extraordinariamente pequeño, nuestro juego de pesas no puede tomar cualquier orientación. Es perfectamente posible, para fijar un supuesto, que este orientado horizontal o verticalmente, pero no será posible que lo esté en muchas de las inclinaciones angulares intermedias. En otras palabras, le están prohibidas ciertas inclinaciones rotacionales. ¿Prohibidas por quién? Pues por las leyes de la Naturaleza. El universo está construido de tal forma que limita, o cuantifica, las posibilidades de rotación. No tenemos evidencia experimental de este hecho en nuestra vida cotidiana. Podemos encontrarlo tan sorprendente como si al efectuar ejercicios de gimnasia sueca fuéramos tan torpes como para poder colocamos brazos en cruz o extendidos hacia el cielo pero nos fuera imposible adoptar un buen número de posturas intermedias. Pero téngase en cuenta que nuestra vida no se desarrolla en el ámbito de lo minúsculo, dentro de una escala del orden de 10^{-13} centímetros, en un mundo donde hay doce ceros entre la coma que separa las unidades y la primera cifra significativa. Las intuiciones de nuestro sentido común no cuentan para nada. Lo que vale es el experimento; en el caso que nos ocupa, la observación de las frecuencias de infrarrojos en los espectros moleculares. Y estos nos muestran que la rotación molecular debe ser cuantificada.

La idea de que el mundo plantea restricciones a las posibilidades de acción humanas es frustrante. ¿Por qué no podemos tener ciertas posiciones rotacionales intermedias? ¿Por qué no podemos viajar más deprisa que la luz? Sin embargo, todo cuanto podemos decir hasta el presente es que el universo está construido precisamente así. Tales limitaciones no solo nos obligan a ser más humildes, sino que convierten el mundo en algo más comprensible. Cada constricción corresponde a una ley natural, a una regularidad en el universo. Cuanto más grande sea el número de constricciones acerca de las posibilidades reales de la materia y la energía, mayor conocimiento del universo podremos alcanzar los hombres. En cualquier caso, la cognoscibilidad del universo no sólo depende de cuántas sean las leyes naturales que nos permiten enmarcar para su análisis una amplia serie de fenómenos divergentes en apariencia, sino también de la apertura mental y capacidad intelectual que mostremos respecto a la comprensión de tales leyes. Seguramente nuestras formulaciones de las

regularidades de la Naturaleza dependen del modo en que está construido nuestro cerebro, pero también, y en buena medida, de aquel en que lo está el universo.

Por mi parte, me gusta vivir en un universo que encierra aún mucho de desconocido y que, al mismo tiempo, es susceptible de llegar a ser interpretado. Un universo del que lo conociéramos todo sería estático y deprimente, tan aburrido como el cielo que nos prometen ciertos teólogos pobres de espíritu.

Un universo que se nos muestre incognoscible no es lugar ciertamente adecuado para un ser que piensa. El universo ideal para nosotros es algo bastante más similar al sitio en que vivimos. Y me atrevo a conjeturar que no es simple coincidencia.

CAPÍTULO 3

ESTE MUNDO QUE NOS LLAMA COMO UNA LIBERACIÓN

Para castigarme por mi desprecio a la autoridad, el destino me convierte en tal.

EINSTEIN

ALBERT EINSTEIN NACIÓ EN ULM, Alemania, en 1879, hace ahora justamente un siglo. Pertenece al pequeño grupo de individuos de todas las épocas que remodelan el mundo gracias a un don muy especial, el talento preciso para contemplar viejos hechos según nuevos enfoques, para plantear profundos desafíos a la sabiduría convencional. Durante décadas y décadas ha sido una figura honrada y mitificada, el único científico cuyo nombre se le acudía de inmediato al ciudadano medio. Einstein fue un hombre admirado y reverenciado a lo largo y ancho del mundo, en parte por sus contribuciones científicas, vagamente comprendidas por los profanos en la materia, en parte a causa de sus valientes tomas de postura en cuestiones sociales, y en parte a causa de su afable personalidad. Para los hijos de inmigrantes con inclinaciones científicas, o para quienes, como en mi caso, vivieron su infancia en los años de la Depresión, el respeto otorgado a Einstein les hizo ver que existían personas como los científicos, que una carrera científica no era un sueño totalmente inalcanzable. Una de sus principales aportaciones, aunque involuntaria, fue la de constituirse como paradigma de científico. Sin Einstein, muchos de los jóvenes que se convirtieron en científicos en los años subsiguientes a la década de los 20 jamás hubieran oído hablar de la existencia de la empresa científica. El substrato lógico de la teoría especial de la relatividad einsteiniana pudo haberse desarrollado un siglo antes, pero aunque otros avanzaran una serie de intuiciones premonitorias, la relatividad debía esperar a Einstein para madurar definitivamente. Los fundamentos físicos de la teoría especial de la relatividad son *muy* simples, y muchos de sus resultados esenciales pueden ser derivados del álgebra secundaria y de la reflexión sobre el movimiento de un bote que remonte una corriente fluvial o avance a su favor. La vida de Einstein fue rica en genialidad e ironía. Sintió gran pasión por todos los problemas cruciales de su tiempo, efectuó interesantes incursiones en los ámbitos de la educación y de las relaciones entre ciencia y política, y fue un vivo ejemplo de que, después de todo, el trabajo de ciertos individuos puede llegar a cambiar el mundo.

Siendo niño ofreció escasísimos indicios de cuanto llegaría a ser más tarde. Él mismo rememorara años después: «mis padres estaban preocupados porque no

comencé a hablar hasta época comparativamente tardía, y llegaron a consultar el problema con un médico… por aquel entonces… seguro que no tenía menos de tres años». Fue un estudiante mediocre en sus años escolares, y recordaba a sus maestros bajo la figura de sargentos instructores. Durante los años juveniles de Einstein, las pautas de la educación europea eran un altisonante nacionalismo y una marcada rigidez intelectual. El joven Einstein se rebelaba contra los obtusos y mecanizados métodos educativos de la época. «Prefería sobrellevar todo tipo de castigos antes que aprender de memoria cosas que no comprendía». Einstein detestó toda su vida a los partidarios de una disciplina rígida, tanto en los terrenos de la educación como en los de la ciencia y la política.

A los cinco años se sintió turbado por el misterio del círculo. Posteriormente escribirá: «A los 12 años experimenté una segunda perplejidad, de naturaleza completamente distinta, al leer un pequeño texto de geometría euclídea plana… Había allí asertos, como por ejemplo el referente a la intersección en un punto de las tres alturas de un triángulo, que a pesar de no ser ni con mucho evidentes, podían ser probados con tal grado de certidumbre que quedaba fuera de lugar toda duda sobre ellos. Esta lucidez y certidumbre me causaron una impresión indescriptible». Los programas escolares al uso sólo conseguían provocar tediosas interrupciones a las meditaciones de este tipo. Einstein escribiría las siguientes palabras sobre su autoeducacion: «Entre los 12 y 16 años me familiaricé con los rudimentos de la matemática al tiempo que con los principios básicos de los cálculos diferencial e integral. Tuve la inmensa fortuna de topar con libros no especialmente notables en cuanto a su rigor lógico, deficiencia que compensaban sobradamente al presentar los aspectos fundamentales del tema clara y sinópticamente… También tuve la suerte de empezar a conocer los resultados y métodos esenciales de las ciencias de la naturaleza en excelentes exposiciones popularizadoras que recogían casi exclusivamente los aspectos cualitativos… un trabajo que leí con atención expectante». Los modernos divulgadores científicos pueden sentirse reconfortados por estas palabras de Einstein.

Ninguno de sus profesores parece haberse percatado de su talento. En el *Gymnasium* de Múnich, el centro de enseñanza secundaria más destacado de la ciudad, un profesor le dijo en cierta ocasión, «Einstein, usted nunca llegará a ninguna parte». A los quince años las sugerencias de este tipo se hicieron tan fuertes y directas que decidió abandonar el instituto. Su profesor le indicaba que «tan solo con su presencia dañaba el respeto que toda la clase le debía a su persona». Aceptó con gusto tales observaciones, abandonó el instituto y durante varios meses viajó sin meta ni fin concreto por el norte de Italia. Toda su vida mostró clara preferencia por los modales y la vestimenta sin ceremonias ni formalidades. De haber transcurrido su adolescencia en la década de los 60 o los 70 de nuestro siglo, en vez de la década de

1890, la gente convencional le habría calificado de *hippie* casi sin lugar a dudas.

Su curiosidad por la física y su admiración ante el universo le permitieron superar muy pronto su aversión hacia los métodos educativos imperantes, y a no tardar solicitaría su ingreso, sin diploma que certificara sus estudios secundarios, en el Instituto Federal de Tecnología de Zúrich. Suspendió el examen de aptitud, se matriculó en un instituto suizo de enseñanza media por su propia cuenta y riesgo para subsanar sus lagunas, y al año siguiente fue admitido por fin en el Instituto Federal de Tecnología. No obstante, seguía siendo un estudiante mediocre. No le satisfacía el estudio de las materias obligatoriamente prescritas, esquivaba la biblioteca del centro e intentaba hasta donde le era posible trabajar sobre sus verdaderos intereses. Más tarde escribiría: «Desde luego, el principal impedimento para seguir en tal línea era que debía atiborrar mi cabeza con todos estos tinglados y empollármelos para pasar los exámenes, me gustara o no».

Consiguió su graduación sólo gracias a la ayuda que le prestara su íntimo amigo Marcel Grossmann, quien asistía asiduamente a clase y compartía sus apuntes con Einstein. Con ocasión de la muerte de Grossmann, acaecida muchos años después, Einstein escribiría: «Recuerdo nuestros días de estudiantes. Él era un estudiante irreprochable, yo un desordenado y un soñador. Él, en excelentes relaciones con los profesores y comprendiéndolo todo; yo, un paria, descontento y escasamente apreciado… Al finalizar nuestros estudios, me vi abandonado de repente por todo el mundo, desconcertado y perplejo ante el umbral de la vida». La graduación la obtuvo gracias a un esfuerzo final para sumergirse en los apuntes de Grossmann. Pero estudiando en la preparación de los exámenes finales, recordará «que mi ánimo llegó a sentirse bloqueado hasta tal punto… que durante un año entero hallé completamente enojoso el análisis y consideración de cualquier problema científico… Es casi milagroso que los métodos modernos de instrucción no hayan conseguido ahogar por completo la santa curiosidad de la investigación, pues la principal necesidad de tan delicada planta, aparte el estímulo inicial, es la libertad. Sin esta, corre seguro peligro de muerte… y creo que incluso puede despojarse de su voracidad a un animal de presa sano si se le obliga a comer a golpes de látigo, con hambre o sin ella…». Sus observaciones deben templar el espíritu de toda persona involucrada en la educación científica. Me pregunto cuántos Einstein potenciales habrán llegado a sentirse irremediablemente descorazonados a causa de exámenes competitivos y del hastío generado por acumular méritos en su currículum a la fuerza.

Después de haberse ganado el sustento con diversos trabajos ocasionales, Einstein aceptó una oferta para trabajar como inspector de solicitudes en la Oficina Suiza de Patentes sita en Berna, oportunidad que obtuvo gracias a la mediación del padre de Marcel Grossmann. Por estas fechas renunciaría a la nacionalidad alemana para convertirse en ciudadano suizo. Tres años después, en 1903, se casaba con su

prometida. No sabemos casi nada acerca de las patentes aprobadas y rechazadas por Einstein, y sería de gran interés determinar si alguna de las que pasaron por sus manos llegó a tener cierta influencia estimulante en sus meditaciones sobre la física.

Banesh Hoffman, uno de sus biógrafos, escribe que en la oficina de patentes Einstein «aprendió pronto a deshacerse de sus tareas con rapidez y eficiencia. Eso le permitiría arrebatar preciosos minutos para sus propios cálculos clandestinos, que escondía con rapidez y sentido de culpabilidad en el interior de su pupitre de trabajo al menor ruido de pasos que se aproximasen». Tales fueron las circunstancias en que se gestaría el nacimiento de la gran teoría de la relatividad. Posteriormente Einstein recordaría con nostalgia la oficina de patentes, «este claustro secular en el que se incubaron mis más bellas ideas».

En más de una ocasión Einstein sugeriría a sus colegas que el empleo de farero era una de las situaciones más francamente apetecibles para un científico, pues se trataba de un trabajo relativamente sencillo y capaz de proporcionar la tranquilidad y contemplación necesarias a todo espíritu para abordar la investigación científica. Como señalara su colaborador Leopold Intfield, «para Einstein, la soledad, la vida en un faro, hubiera sido estimulante en grado sumo. Le hubiera liberado de buena parte de las obligaciones que odiaba. De hecho, hubiera sido para él la forma de vida ideal. Pero casi todos los científicos piensan justamente lo contrario. La maldición de mi vida ha sido verme apartado por largo tiempo de toda atmósfera científica, de no tener a nadie con quien hablar de física».

Einstein también sostenía que era deshonesto ganar dinero enseñando física. Argumentaba que era muchísimo mejor para un físico ganarse el sustento con algún otro trabajo sencillo y honesto, y que la física debía cultivarla en sus ratos libres. Cuando años más tarde Einstein hiciera una observación similar en América, señaló que le hubiese encantado trabajar de fontanero, lo que le valió una inmediata nominación como miembro honorario del sindicato del ramo.

En 1905 Einstein publicó cuatro artículos de investigación, producto de sus ratos libres en la oficina de patentes, en la publicación especializada más prestigiosa de la época, los *Annaten der Physik*. En el primero de ellos demostraba que la luz tiene al mismo tiempo propiedades corpusculares y propiedades ondulatorias, exponiendo por vez primera el desconcertante efecto fotoeléctrico, de acuerdo con el cual los sólidos estimulados por una radiación lumínica emiten electrones. En el segundo exploraba la naturaleza de las moléculas a través del estadístico «movimiento browniano» que presentan las pequeñas partículas en suspensión. En los dos restantes introducía la teoría especial de la relatividad, explicitando por primera vez la famosa ecuación $E = mc^2$, tan ampliamente citada como escasamente comprendida.

La ecuación expresa la convertibilidad de la materia en energía, y viceversa. Amplía la ley de la conservación de la energía a una ley que nos habla de la

conservación de la energía y la masa, por la que se afirma que energía y masa no pueden ser creadas ni destruidas, si bien una determinada forma de energía puede convertirse en materia y a la inversa. En circunstancias ideales, la cantidad de energía que puede obtenerse de una masa *m* es mc^2, donde *c* es la velocidad de la luz (la velocidad de la luz siempre se representa por c, jamás por C, y su valor es de 300 000 kilómetros por segundo). Si medimos *m* en gramos y *c* en centímetros por segundo, E nos vendrá dada en una unidad de energía denominada ergio. La total conversión de un gramo de masa en energía produce 1 X (3E+10)^2 = 9E+20 ergios, cantidad equivalente a la que desprende la explosión súbita de unas mil toneladas de TNT. Por consiguiente, si hallamos la forma de extraerlos, los recursos energéticos que albergan pequeñísimas cantidades de materia son enormes. Las armas nucleares y las centrales nucleares son otros tantos ejemplos de los vacilantes y éticamente ambiguos esfuerzos encaminados a obtener la energía que encierra la materia, según nos descubriera Einstein. Un arma termonuclear, por ejemplo una bomba de hidrógeno, es un ingenio de poder terrorífico, aunque dada una masa m de hidrógeno tan solo consigue obtener menos del 1% del poder energético mc^2 que encierra.

Los cuatro artículos que publicara Einstein en 1905 hubieran sido una producción impresionante como fruto de toda una vida dedicada a la investigación para cualquier físico. Si se contemplan como lo que en realidad fueron, el resultado de los ratos libres de un año de trabajo de un empleado de veintiséis años de una oficina de patentes suiza, es algo más que asombroso. Son muchos los historiadores de la ciencia que han calificado 1905 como *annus mirabilis*, año milagroso. Dentro de la historia de la física, y con inquietantes parecidos, sólo ha existido otro año adjetivable de tal, 1666, cuando Isaac Newton, con veinticuatro años, aislado en una zona rural a causa de una epidemia de peste bubónica, esbozó una explicación para la naturaleza espectral de la luz del sol. Inventó los cálculos diferencial e integral y postuló la teoría de la gravitación universal. Junto con la teoría general de la relatividad, formulada por vez primera en 1915, los artículos de 1905 representan el principal logro de la vida científica de Einstein.

Antes de Einstein los físicos sostenían la generalizada creencia de que existían marcos de referencia privilegiados, cosas tales como un espacio y un tiempo absolutos. El punto de partida de las meditaciones de Einstein fue que desde cualquier marco de referencia —cualquier observador, fuera cual fuese su ubicación, velocidad o aceleración— las leyes fundamentales de la naturaleza debían contemplarse de idéntica manera. Parece ser que su idea sobre los sistemas de referencia en física se vio influenciada por sus actitudes sociales y políticas y por su resistencia ante el estridente patrioterismo que impregnara la Alemania del siglo XIX. En este sentido, la idea de la relatividad se ha convertido en un lugar común antropológico, y los científicos sociales han hecho suya la idea de un relativismo

cultural. Existen diversos contextos sociales distintos y diferentes interpretaciones del mundo y de los preceptos éticos y religiosos. Por lo demás, las diferentes sociedades humanas son prácticamente comparables en cuanto a su validez.

En un principio no se produjo, ni mucho menos, una aceptación generalizada de la relatividad especial. A modo de nuevo intento de integrarse en la vida académica, Einstein presentó su recién publicado artículo sobre la relatividad a la Universidad de Berna como ejemplo de su trabajo. Evidentemente, él lo consideraba como un buen trabajo de investigación. Sin embargo, le fue rechazado tildándolo de incomprensible y hubo de seguir en la oficina de patentes hasta 1909. A pesar de todo, la publicación del trabajo no pasó desapercibida para todo el mundo y poco a poco algunas de las figuras señeras de la física europea de la época empezaron a sospechar que Einstein podía muy bien ser uno de los más grandes científicos de todas las épocas. Pero aun y así, su trabajo sobre la relatividad generó vivas polémicas. En una carta de recomendación para que Einstein fuera contratado en la Universidad de Berlín, un eminente científico alemán sugería que la relatividad era un excurso hipotético, una aberración momentánea, y que a pesar de todo, Einstein *era* realmente un pensador de primer orden. (El premio Nobel, de cuya concesión tuvo noticia durante una visita a Oriente en 1921, se le otorgaba por su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico y «otras contribuciones» a la física teórica. La relatividad seguía siendo considerada un tema demasiado polémico como para mencionarlo explícitamente).

Las opiniones políticas y religiosas de Einstein estaban explícitamente relacionadas con su trabajo científico. Sus padres eran de origen judío, aunque no practicantes del ritual religioso. No obstante, Einstein se inclinó hacia una religiosidad convencional «por influjo de la maquinaria educativa tradicional, el Estado y la escuela». Pero a los doce años tal situación cambió bruscamente: «A través de la lectura de libros de divulgación científica llegué pronto a la convicción de que muchas de las historias bíblicas no pueden ser verdaderas. Como consecuencia abracé con todas mis fuerzas la libertad de pensamiento y empecé a considerar que a la juventud la estaba estafando intencionadamente el Estado mediante la propagación de mentiras; fue una impresión abrumadora. De esta experiencia nació una firme sospecha ante todo tipo de autoridad, una actitud escéptica ante las convicciones vigentes en todo contexto social específico —actitud que nunca abandoné, aun cuando con el paso del tiempo, una vez fui comprendiendo más a fondo las conexiones causales, perdió parte de su virulencia inicial».

Poco antes de estallar la Primera Guerra Mundial, Einstein aceptó una plaza de profesor en el reputado Institute Kaiser Wilhelm de Berlín. Su deseo de trabajar en el centro de física teórica de más prestigio en su época fue momentáneamente más fuerte que su antipatía hacia el militarismo alemán. El estallido de la conflagración mundial cogió a la esposa y a los dos hijos de Einstein en Suiza, impidiéndoles

regresar a Alemania. Pocos años después esta separación forzosa desembocaría en divorcio, aunque cuando Einstein recibió el premio Nobel en 1921, a pesar de haberse casado ya otra vez, entregó la suma total del mismo, 30 000 dólares, a su primera esposa y sus hijos. Con el tiempo su hijo mayor se convertiría en una prominente figura de la ingeniería civil, ocupando una cátedra en la Universidad de California, pero el segundo, que idolatraba a su padre, le acusaría años después, para angustia de Einstein, de haberle ignorado durante su juventud.

Einstein, que se declaraba socialista, acabó convenciéndose de que la Primera Guerra Mundial estalló fundamentalmente a causa de las intrigas e incompetencia de «las clases dirigentes» del momento, conclusión que por otro lado sustentan buena parte de los historiadores contemporáneos. Einstein se tornó pacifista. Mientras otros científicos alemanes apoyaron con entusiasmo las empresas militares de su país, Einstein condenaba abierta y públicamente la guerra como «delirio epidémico». Sólo le salvó del encarcelamiento su ciudadanía suiza, suerte que no pudo compartir su amigo el filósofo ingles Bertrand Russell, condenado a prisión en estos mismos años por defender también una postura pacifista. Los puntos de vista de Einstein sobre la guerra no contribuyeron precisamente a aumentar su popularidad en Alemania.

No obstante, y de forma indirecta, la guerra contribuyó a popularizar entre el gran público el nombre de Einstein. En su teoría general de la relatividad, Einstein avanzaba una idea aun asombrosa por su simplicidad, belleza y fuerza, a saber, que la atracción gravitacional entre dos masas genera la distorsión o combamiento del espacio euclídeo inmediatamente circundante. La teoría cuantitativa nos confirma, con el grado de precisión que cabe esperar de los experimentos, la ley de Newton sobre la gravitación universal. Pero al fijarnos en la próxima cifra decimal, por decirlo así, la teoría general de la relatividad predice la existencia de diferencias significativas con respecto al esquema postulado por Newton. Se trata de una situación clásica dentro de la historia de la ciencia, de acuerdo con la cual aparecen nuevas teorías que confirman la validez de los resultados derivados de sus antecesores pero avanzan una serie de nuevas predicciones que permiten establecer distinciones determinantes entre ambas perspectivas.

Las tres piedras de toque propuestas por Einstein para verificar la validez de la relatividad general fueron las anomalías detectadas en el movimiento orbital de Mercurio, el corrimiento hacia el rojo de la representación espectral de la luz emitida por una estrella de gran masa y la deflexión o curvamiento de la luz estelar al alcanzar sus rayos las proximidades del Sol. En 1919, antes de que fuera firmado el armisticio, se organizaron expediciones científicas británicas a Brasil y a la isla del Príncipe, frente a las costas de África occidental, para observar si durante un eclipse de sol las radiaciones lumínicas estelares se curvaban de acuerdo con las predicciones de la relatividad general. Y así era. Quedaban con ello reivindicadas las tesis de

Einstein por vía experimental. El simbolismo de una expedición británica intentando verificar las hipótesis de un científico alemán, mientras ambos países estaban aun técnicamente en guerra, apelaba a los más loables sentimientos del género humano.

Sin embargo, al terminar la guerra comienza a desencadenarse en Alemania una activa campaña pública contra Einstein, financiada por intereses muy concretos. Tanto en Berlín como en otras ciudades se organizan grandes mítines con un claro trasfondo antisemítico para denunciar la teoría de la relatividad. La sorpresa se apoderó de los colegas de Einstein, pero la mayor parte de ellos, excesivamente medrosos para intervenir en política, nada hicieron para contrarrestar el ataque. Cuando el nazismo inicia su irresistible ascensión en la década de los 20 y comienzos de los 30, Einstein, contra su inclinación natural a una vida de tranquila contemplación, se encuentra a menudo arengando con valentía contra los peligros inminentes derivados de la situación. Testifica ante tribunales alemanes en favor de académicos juzgados por sus opiniones políticas contrarias al nazismo. Hace un llamamiento en favor de la amnistía para los presos políticos alemanes y de otras partes del globo (incluidos Sacco y Vanzetti y los llamados «muchachos de Scottsboro» en Estados Unidos). Cuando Hitler alcanza la cancillería en 1933. Einstein y su segunda esposa abandonan Alemania.

Los nazis queman en hogueras públicas los trabajos científicos de Einstein junto con otros libros escritos por autores antifascistas. La talla científica de Einstein es atacada por todo lo alto en su país de origen. El líder de la campaña difamatoria es el físico Philipp Lenard, galardonado asimismo con el premio Nobel, quien denuncia lo que llamara «chapuceras teorías matemáticas de Einstein» y el «espíritu asiático en la ciencia». Lenard declaraba: «Nuestro Führer ha eliminado este mismo espíritu de la política y la economía nacionales, en las que es conocido como marxismo. No obstante, en el terreno de las ciencias naturales, sigue mostrándose influyente a través de un indebido reconocimiento de la obra de Einstein. Debe dejarse bien sentado que para todo intelectual alemán es indecoroso seguir las ideas de un judío. La ciencia natural propiamente dicha es de exclusivo origen ario… *Heil Hitler!*».

Fueron muchos los profesores y académicos nazis que sumaron su voz a las admoniciones contra la física «judía» y «bolchevique» de Einstein. Ironías del destino, en este mismo momento histórico prominentes intelectuales estalinistas denunciaban en la Unión Soviética la relatividad einsteniana como «física burguesa». Por descontado, en tales deliberaciones jamás se tomó en consideración hasta qué punto la *substancia* de la teoría atacada era o no correcta.

La autoidentificación de Einstein como judío, a pesar de su profundo distanciamiento de las religiones tradicionales, fue completamente generada por el intenso antisemitismo que se vivía en la Alemania de los 20. He aquí la razón de que se convirtiera en sionista. Pero si hemos de hacer caso a uno de sus biógrafos, Philipp

Frank, no todos los grupos sionistas le abrieron los brazos por considerar intolerables sus demandas de entendimiento con los árabes y el esfuerzo necesario para comprender sus formas de vida y pensamiento. Su adhesión a un claro relativismo cultural resulta mucho más impresionante si se tienen en cuenta las dificultades emocionales involucradas en este caso. A pesar de todo, siguió prestando su apoyo al sionismo, particularmente cuando se hizo pública la desesperada situación en que vivían los judíos europeos a finales de la década de los 30. (En 1948 se le ofreció a Einstein la presidencia de Israel, que declinaría cortésmente. Resulta interesante especular acerca de las hipotéticas diferencias que hubieran podido producirse en la política del Próximo Oriente de aceptar Albert Einstein la presidencia del estado de Israel).

Tras abandonar Alemania, Einstein tuvo noticia de que los nazis habían puesto un precio de 20 000 marcos a su cabeza. («Ignoro si era un precio demasiado alto»). Aceptó una oferta para incorporarse al recién fundado Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, Nueva Jersey, y allí residiría el resto de sus días. Cuando se le pidió qué salario deseaba percibir, sugirió 3000 dólares anuales. Ante la cara de perplejidad del representante del Instituto, dedujo que se había excedido y rebajó su demanda. El salario que se le asignó fue de 16 000 dólares anuales, una suma realmente respetable en los años 30.

Tan grande era el prestigio de Einstein que fue completamente natural que otros físicos europeos emigrados a Estados Unidos le pidieran en 1939 que escribiera una carta al presidente Franklin D. Roosevelt en la que se propusiera la construcción de una bomba atómica para contrarrestar el esfuerzo alemán para hacerse con armas nucleares. Aunque Einstein no había trabajado en física nuclear y posteriormente no desempeñaría el menor papel en el Proyecto Manhattan, escribió la carta inicial que llevaría a la aprobación del mismo. No obstante, parece más que probable que los Estados Unidos se hubiesen decidido a la construcción de la bomba atómica con o sin el apremio epistolar de Einstein. Por lo demás, el descubrimiento de la radiactividad por Antoine Becquerel y la investigación del núcleo atómico por parte de Ernest Rutherford —una y otro llevados a cabo con absoluta independencia respecto a los trabajos de Einstein— hubieran desembocado con toda probabilidad en el desarrollo y fabricación de armas nucleares. El temor de Einstein ante la Alemania nazi había contribuido en gran medida a modificar, aunque no sin pesar, sus puntos de vista pacifistas. Pero cuando comenzó a traslucirse que los nazis no habían conseguido desarrollar la tecnología de las armas nucleares, Einstein se sintió embargado por los remordimientos: «Ahora que sé que los alemanes no están en condiciones de construir una bomba atómica, quisiera no haber tenido nada que ver con ella».

En 1945 Einstein instó a los Estados Unidos a que rompiera sus relaciones con la España de Franco, quien durante la Segunda Guerra Mundial había dado soporte a las

fuerzas nazis. John Rankin, congresista conservador por Mississippi, atacó a Einstein en un discurso pronunciado ante la Cámara de Representantes, señalando que «este agitador nacido allende nuestras fronteras quisiera sumergirnos en otra guerra para facilitar la expansión del comunismo a través del mundo… Ya es hora de que el pueblo americano empiece a darse cuenta de quién es el tal Einstein».

Einstein fue un acérrimo defensor de las libertades civiles en los Estados Unidos durante las épocas más sombrías del macartismo, a finales de los 40 y principios de los 50. Mientras observaba la subida de la marea de la histeria, empezó a albergar el poco tranquilizador sentimiento de que ya había vivido algo similar en su Alemania natal durante la década de los 30. Solicitó a los acusados que se negaran a testificar ante el Comité de Actividades Antinorteamericanas, señalando que todo individuo debía estar «dispuesto a asumir su ruina económica o penas de cárcel… a sacrificar su bienestar personal en beneficio de… su país». Sostuvo que existía «la obligación de negarse a cooperar en toda acción que violase los derechos constitucionales del individuo. Y ello vale de forma muy especial para todo interrogatorio relacionado con la vida privada y las filiaciones políticas de cualquier ciudadano…». Einstein fue amplia y duramente atacado por la prensa estadounidense a causa de su postura. El propio senador Joseph McCarthy señalaba en 1953 que alguien que hacía tales advertencias era «un indudable enemigo de América». En los últimos años de la vida de Einstein, era postura usual en determinados círculos reconocer su genio científico al tiempo que se mostraba un abierto disgusto por sus opiniones políticas, tildadas frecuentemente de «ingenuas». Pero los tiempos han cambiado, y creo que es mucho más razonable argumentar desde una perspectiva completamente diferente sobre este punto. En el campo de la física, donde las ideas pueden medirse cuantitativamente y verificarse con enorme precisión, las intuiciones einstenianas se han mostrado irrefutables. Por lo demás, resulta asombroso que tuviera tal claridad de visión en el mar de confusiones donde otros habían naufragado. Así pues, ¿no será mucho más razonable considerar que en el mucho más sombrío terreno de la política sus opiniones gozan de una validez fundamental?

Durante los años pasados en Princeton, lo mismo que a lo largo de toda su vida, la pasión motriz de Einstein fue la elucubración intelectual. Trabajó amplia y profundamente en la elaboración de una teoría del campo unificado susceptible de abrazar en un marco común las fuerzas gravitatorias, eléctricas y magnéticas, aunque es opinión generalizada que sus esfuerzos no se vieron coronados por el éxito. Su vida se prolongó lo suficiente como para ver su teoría general de la relatividad convertida en herramienta fundamental para la interpretación de la macroestructura y evolución del universo, y le hubiese embargado de gozo contemplar personalmente la fructífera aplicación de la relatividad general a la astrofísica de nuestros días. Jamás llegó a comprender el trato reverencial que se le dispensaba, llegando incluso a

lamentar que sus colegas y graduados de Princeton no le abordaran inopinadamente por miedo a molestarle.

En contrapartida, escribiría: «Mi apasionado interés por la justicia y la responsabilidad ha estado siempre en curioso contraste con un escaso deseo de asociarme de forma directa con otros hombres y mujeres. No soy un caballo de reata, no sirvo para el trabajo a dos o en equipo. Jamás he llegado a integrarme plenamente y con todas sus consecuencias en ningún país o estado, en mi círculo de amistades o incluso en el seno de mi propia familia. Los vínculos han venido siempre de un vago retraimiento, y con los años va creciendo este permanente deseo de encerrarme en mí mismo. A veces este aislamiento resulta amargo, pero no lamento verme privado de la comprensión y la simpatía de otros hombres. Algo pierdo con ello, qué duda cabe, pero me siento compensado por haberme visto libre de costumbres, opiniones y prejuicios de otros y no haber buscado la paz de mi espíritu en tan mudables fundamentos».

Durante toda su vida tuvo como principales distracciones la navegación y tocar el violín. En ciertos aspectos, Einstein puede considerarse dentro de su época como una especie de *hippie* militante. La longitud de su blanca mata de pelo era notable, y prefería ir con suéteres y cazadoras de piel que trajeado, incluso en ocasiones de compromiso. Hombre sencillo, sin la menor pretensión ni afectación, señalaba que «a todos les hablo igual, ya sea el basurero o el Presidente de la Universidad». Era persona asequible, y en no pocas ocasiones se prestó gustosamente a ayudar a estudiantes secundarios en la resolución de problemas geométricos —por cierto, no siempre con éxito. Dentro de la mejor tradición científica, se mostró receptivo frente a las ideas innovadoras, aunque siempre les exigiera una rigurosa verificación. Tampoco rechazó de plano, a pesar de haberse mostrado escéptico, las tesis del catastrofismo planetario en la historia reciente de nuestro planeta y los experimentos encaminados a sostener la existencia de la percepción extrasensorial; en este último caso, sus reservas arrancaban del supuesto que sostiene que las habilidades telepáticas no se ven disminuidas al aumentar la distancia entre emisor y receptor.

En materia de religión, el pensamiento de Einstein era bastante más elaborado que lo usual y de ahí que fuera interpretado erróneamente en multitud de ocasiones. Con ocasión de la primera visita de Einstein a los Estados Unidos, el cardenal de Boston por aquel entonces, O'Connell, proclamaba que la teoría de la relatividad «encubría la espectral aparición del ateísmo». Tales declaraciones alarmaron a un rabino de Nueva York, quien mandó de inmediato a Einstein un telegrama con el siguiente texto: «¿Cree usted en Dios?». La respuesta de Einstein, inmediata y por idéntica vía, fue la siguiente: «Creo en el Dios de Spinoza, que se nos revela en la armonía que rige a todos los seres del mundo, no en el Dios que se implica en los destinos y acciones de los hombres», planteamiento de la cuestión religiosa bastante sutil y que en la

actualidad comparte un buen número de teólogos. Las creencias religiosas de Einstein eran auténticamente serias. Durante las décadas de los 20 y los 30 manifestó serias dudas acerca de uno de los postulados básicos de la mecánica cuántica, el que sostiene que a los niveles más fundamentales de la materia las partículas tienen un comportamiento impredecible, formulación conocida como principio de incertidumbre de Heisenberg. Para Einstein, «Dios no juega a los dados con el cosmos». Asimismo, en otra ocasión afirmaba, «Dios es sutil, pero no malicioso». De hecho, era tal la afición de Einstein a este tipo de aforismos, que en cierta ocasión el físico danés Niels Bohr le respondió algo exasperado, «basta de decir qué hace y qué no hace Dios». No obstante, no son pocos los físicos que creen que si alguien ha llegado a penetrar las intenciones de Dios, este ha sido Einstein.

Uno de los fundamentos de la teoría de la relatividad especial es la imposibilidad de que ningún objeto material pueda llegar a trasladarse a la velocidad de la luz. Tal barrera lumínica ha incomodado seriamente a quienes no admiten límite alguno para las posibilidades de acción de la especie humana. No obstante, el límite de la velocidad de la luz, nos permite comprender de un modo simple y elegante un buen número de cosas de nuestro universo que antes de su aparición eran misterios. Allí donde arrancó, Einstein también sembró. Varias de las consecuencias de la relatividad especial parecen enfrentarse de plano con nuestra intuición, se muestran incompatibles con nuestra experiencia cotidiana, y a pesar de ello aparecen de forma detectable cuando viajamos a una velocidad muy próxima a la de la luz —por lo demás, velocidad a la que poca es la experiencia que puede aportar el sentido común (*cf.* capítulo 2). Una de tales consecuencias es que si viajamos a una velocidad suficientemente próxima a la de la luz, el tiempo transcurre cada vez más lentamente, y esta contracción temporal la registran tanto los relojes de pulsera y atómicos como nuestros propios relojes biológicos. En consecuencia, un vehículo espacial que viajase a una velocidad muy próxima a la de la luz cubriría la distancia entre dos puntos cualesquiera, fuera esta la que fuese, en un periodo de tiempo muy breve si lo medimos a bordo de la nave, pero que no sería tal de medirlo sobre los puntos de partida y destino. Algún día podremos viajar hasta el centro de la Vía Láctea y volver en unas pocas décadas según los relojes de a bordo, pero mientras, en la Tierra, los años transcurridos serán alrededor de 6000. Pocos serán los amigos que contemplaron vuestra partida que os rodeen para celebrar el retorno. Un vago reconocimiento de este fenómeno de dilatación temporal queda recogido en la película *Encuentros en la tercera fase*, aunque también se incorpore en ella la gratuita opinión de que Einstein quizá fuese un extraterrestre. Qué duda cabe, sus percepciones fueron auténticamente asombrosas, pero fue un individuo muy humano, y su vida se alza como ejemplo de hasta dónde pueden llegar los seres humanos que gocen de suficiente talento y coraje para abordar una empresa.

La última actuación pública de Einstein fue unirse a Bertrand Russell y a otros muchos científicos y pensadores en un fallido intento de proclamar un manifiesto en favor de la abolición de las armas nucleares. Einstein argumentaba que el armamento nuclear lo había cambiado todo excepto nuestra forma de pensar. En un mundo parcelado en estados hostiles, Einstein consideraba la energía nuclear como la mayor amenaza para la supervivencia de la raza humana. Decía al respecto, «debemos elegir entre la prohibición total de las armas nucleares o una aniquilación general… El nacionalismo es una enfermedad infantil, el sarampión de la humanidad… Nuestros libros de texto glorifican la guerra y encubren sus horrores. Inoculan el odio en las venas de nuestros muchachos. Yo quiero enseñar la paz, no la guerra. Quiero inculcar amor, no odio».

Cuando contaba sesenta y siete años, nueve antes de su muerte en 1955, Einstein resumía así una vida de investigación: «Más allá está un mundo inmenso, que existe al margen de nosotros, los seres humanos, y que se nos muestra como un grandioso y eterno enigma, aunque parcialmente accesible a nuestro análisis y especulación. La contemplación de este mundo nos llama como una liberación… El camino hasta este paraíso no es tan confortable ni tentador como el que conduce al edén religioso, aunque se nos ha mostrado seguro y digno de confianza. Por mi parte, no lamento en absoluto haberlo escogido».

CAPÍTULO 4

ELOGIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

El cultivo de la mente es un alimento para el alma humana.

MARCO TULIO CICERÓN,
De finibus bonorum et malorum (45-44 a. C.)

Para unos, la ciencia es una sublime diosa, para otros, una vaca que suministra excelente mantequilla.

FRIEDRICH VON SCHILLER,
Xenien (1796)

A MEDIADOS DEL SIGLO XIX, el científico británico Michael Faraday, hombre en buena medida autodidacta, era visitado por su monarca, la reina Victoria. Entre los múltiples descubrimientos de Faraday, algunos de obvia e inmediata aplicación práctica, se hallaban extraños artilugios eléctricos y magnéticos, por aquel entonces, poco más que simples curiosidades de laboratorio. En el tradicional diálogo entre jefes de estado y jefes de laboratorio, la reina Victoria preguntaría a Faraday por la utilidad de sus estudios, a lo que éste le replicó: «¿Y para qué sirve un niño, madame?». Faraday creía que con el tiempo la electricidad y el magnetismo se convertirían en algo práctico.

Por esta misma época, el físico escocés James Clerk Maxwell elaboró cuatro ecuaciones matemáticas que tenían como base la obra de Faraday y otros predecesores experimentales, ecuaciones en las que se establecía una relación cuantitativa entre las cargas y corrientes eléctricas y los campos magnéticos. Las ecuaciones presentaban una curiosa falta de simetría, y el hecho preocupó a Maxwell. La falta de estética de las ecuaciones inicialmente propuestas condujo a Maxwell a proponer un término adicional para una de ellas, la denominada corriente de desplazamiento, y todo ello con el único objetivo de obtener un sistema de ecuaciones simétrico. Su argumentación era básicamente intuitiva, pues no existía la menor evidencia experimental del tipo de corriente citado. Sin embargo, la propuesta de Maxwell tuvo asombrosas consecuencias. Las ecuaciones de Maxwell corregidas postulaban implícitamente la existencia de la radiación electromagnética y encuadraban la de los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, los infrarrojos y las ondas radio. Éstas fueron las ecuaciones que estimularon el descubrimiento de la relatividad especial por parte de Einstein. La unión de los trabajos experimental y teórico de Faraday y Maxwell llevaría, un siglo después, a

una revolución técnica sin precedentes en nuestro planeta. La luz eléctrica, teléfono, tocadiscos, radio, televisión, transportes refrigerados que permiten tomar productos frescos a gran distancia de sus puntos de origen, marca-pasos cardíacos, plantas hidroeléctricas, alarmas automáticas contra incendios y sistemas de riego por aspersión, trolebuses y metros, computadoras electrónicas, he aquí unos pocos descendientes en línea directa de los oscuros artilugios ideados por Faraday y la insatisfacción estética sentida por Maxwell ante unos pocos símbolos matemáticos garabateados sobre una hoja de papel. La mayor parte de las aplicaciones prácticas de la ciencia se han convertido en realidad por caminos tan extraños e impredecibles como el de nuestro ejemplo. En los días de la reina Victoria no se habría encontrado dinero suficiente ni para iniciar la producción de, por poner un ejemplo, televisores. Pocos se atreverán a negar que los efectos netos de las invenciones reseñadas son positivos. Son muchos los jóvenes profundamente desencantados con la civilización tecnológica occidental, y a menudo por muy buenas razones, que mantienen un apasionado apego por ciertos aspectos de la tecnología de nuestra época muy sofisticada —por ejemplo por los equipos musicales electrónicos de alta fidelidad. Algunos de los inventos citados han modificado fundamental y globalmente el carácter de nuestra sociedad. Al facilitarse la comunicación han perdido su provincianismo muchas zonas del planeta, al tiempo que disminuían las diferencias culturales de orden local. Todas las sociedades humanas reconocen virtualmente las ventajas prácticas de estos inventos. Las naciones de reciente formación muy raramente sufren los efectos negativos de la alta tecnología, como por ejemplo la contaminación ambiental; en todo caso, han decidido sin vacilaciones que los beneficios pesan más que los riesgos. En uno de sus aforismos, Lenin señaló que socialismo más electrificación equivalía a comunismo, aunque la realidad ha venido a demostrar que el progreso de la tecnología más avanzada no ha sido más vigoroso y creativo en los países comunistas que en los del mundo occidental. Los cambios sociales se han producido con tal rapidez que es mucha la gente que ha encontrado difícil adaptarse a los nuevos tiempos. Muchos hombres nacidos antes de que alzara el vuelo el primer aeroplano han vivido para ver cómo el *Viking* se posaba sobre la superficie de Marte y el *Pioneer 10*, el primer ingenio interestelar, abandonaba los límites de nuestro sistema solar. Gentes crecidas bajo un código sexual de severidad victoriana se hallan inmersos ahora en un mundo substancialmente dominado por la libertad sexual gracias al desarrollo y uso generalizado de los anticonceptivos. La velocidad del cambio ha desorientado a muchos, de ahí que sea fácil comprender las nostálgicas llamadas que postulan un retorno a formas de existencia precedentes de mayor simplicidad.

No obstante, y para poner un ejemplo, la mayor parte de la población de la Inglaterra victoriana estaba sometida a unas condiciones de vida y trabajo

degradantes y desmoralizadoras si las comparamos con las de las sociedades industriales actuales, y las estadísticas de esperanza de vida y mortalidad infantil eran por entonces auténticamente aterradoras. La ciencia y la tecnología quizá sean parcialmente responsables de muchos de los problemas más graves que hoy tenemos planteados, pero lo serán en gran parte a causa de la inadecuada comprensión de los mismos por parte del ciudadano medio (la tecnología es una herramienta, no una panacea) y del insuficiente esfuerzo que se ha hecho para acomodar nuestra sociedad a las nuevas tecnologías. Considerados tales extremos, todavía me asombro de que la especie humana haya actuado tan bien como lo ha hecho. Las alternativas luditas nada pueden resolver. Más de mil millones de personas actualmente vivas deben su existencia a la superación de sus antiguos niveles más que insuficientes de nutrición gracias al desarrollo de la tecnología agrícola. Y probablemente no sea menor el número de los que han sobrevivido o logrado evitar deformaciones, lisiamientos y enfermedades mortales en razón de los avances experimentados por la tecnología médica. Si abandonáramos nuestra sofisticada tecnología, abandonaríamos a un mismo tiempo a toda esa gente. La ciencia y la tecnología pueden ser causantes de algunos de nuestros problemas, pero lo indudable es que constituyen un elemento esencial de toda solución previsible para los mismos, ya sea a nivel nacional o a nivel planetario.

Creo que con un poco más de esfuerzo por su parte la ciencia y la tecnología habrían conseguido atender con mayor eficacia tanto a su comprensión pública como a los objetivos últimos que deben presidir la evolución de la humanidad. Por ejemplo, poco a poco nos hemos ido percatando de que las actividades humanas pueden tener efectos nocivos, no sólo de orden local, sino también sobre el medio ambiente global. Unos pocos equipos de investigación dedicados al estudio de la fotoquímica atmosférica descubrieron por casualidad que los halocarbonos que sirven de propelente en los aerosoles pueden pervivir durante largos períodos de tiempo en la atmósfera, trasladarse hacia la estratosfera, destruir parcialmente su ozono y permitir así el acceso a la superficie terrestre de las radiaciones ultravioleta de la luz solar. La consecuencia más subrayada de este fenómeno era el aumento del cáncer de piel en los individuos de raza blanca (los negros están mucho mejor adaptados a la recepción de un mayor flujo de radiaciones ultravioleta). Sin embargo, y a pesar de ser mucho más seria, poca ha sido la importancia concedida por el público a la posibilidad de que el aumento de radiación ultravioleta sobre nuestro planeta trajera consigo la destrucción de microorganismos que ocupan la base de la elaborada cadena alimentaria que culmina en el Homo sapiens. Finalmente, se han dado algunos pasos en cuanto a la prohibición de usar halocarbonos en los aerosoles (aunque nadie parezca inquietarse por la utilización de estos mismos compuestos en los refrigeradores), con lo que quizá poco haya sido lo hecho para resolver el problema

real. Para mí, lo más inquietante de toda esta historia es el carácter accidental que ha rodeado a tales descubrimientos. Uno de los equipos se percató del problema gracias a unos adecuados programas de computador que estaban estudiando… la química de la atmósfera de Venus, que alberga ácidos hidroclórico e hidrofluórico. Para sobrevivir se hace imprescindible la creación de un amplio y diversificado conjunto de equipos de investigación que se ocupen de la enorme multiplicidad de problemas que plantea la ciencia pura. ¿Cuántos no serán los problemas, incluso de mayor gravedad, que ni siquiera nos planteamos porque ningún grupo de investigadores ha tropezado con ellos? Por cada problema que hemos analizado, como por ejemplo el de los efectos de los halocarbonos sobre la ozonosfera, ¿cuántas docenas no se nos habrán quedado en el saco? Es realmente asombroso constatar que en ninguno de los centros estatales, principales universidades del país o instituciones privadas dedicadas a la investigación exista un solo grupo de investigadores altamente cualificados, ampliamente interdisciplinario y dotado de medios económicos suficientes que se dedique a detectar y denunciar eventuales catástrofes futuras derivadas del desarrollo incontrolado de nuevas tecnologías.

Si se desea que sean efectivas, tales organizaciones de investigación y asesoramiento sobre el medio ambiente deben establecerse desde una perspectiva política substancialmente valerosa. Las sociedades tecnológicas se encuentran en el marco de una ecología impenetrablemente industrial, una tupida red entretejida por supuestos e intereses económicos. Es sumamente difícil romper uno de los nudos de la red sin que repercuta en todos los demás. Todo juicio en el que se sostenga que cierto desarrollo tecnológico acabará perjudicando a la humanidad implica la pérdida de determinados beneficios para algún grupo. Por ejemplo, los principales fabricantes de propelentes halocarbónicos, la DuPont Company, han adoptado una curiosa postura en todos los debates públicos sobre la destrucción de la ozonosfera por parte de los halocarbonos; a saber, la de que todas las conclusiones al respecto eran «teóricas». En su postura parece ir implícito que sólo dejarían de fabricar halocarbonos si tales conclusiones fuesen probadas experimentalmente, es decir, cuando ya hubiese sido destruida la ozonosfera. Hay ciertos problemas para cuya resolución nos basta con tener en cuenta evidencias inferibles, pues una vez producida la catástrofe la situación se ha tornado irreversible.

De modo similar, el nuevo Ministerio de la Energía sólo será útil si se mantiene al margen de intereses comerciales encubiertos, si tiene libertad para propugnar nuevas opciones aunque conlleven la pérdida de dividendos para determinadas industrias. Y lo mismo vale para la investigación farmacéutica, la de motores susceptibles de sustituir a los de combustión interna y otras muchas tecnologías punta. Creo que el desarrollo de nuevas tecnologías no debe estar bajo el control de las viejas; la tentación de suprimir toda posible competición es demasiado grande. Si los

americanos vivimos en una sociedad que defiende la libre empresa, deberemos velar para que el control de las industrias de las que puede depender nuestro futuro sea sustancialmente independiente. Si las organizaciones dedicadas a investigar la innovación tecnológica y sus límites de aceptabilidad no se enfrentan (e incluso, en muchos casos, atacan) a ciertos poderosos grupos de presión, no están cumpliendo con su finalidad.

Muchos son los progresos tecnológicos de orden práctico que no alcanzan su pleno desarrollo por falta de apoyo gubernamental. Por poner un ejemplo, por angustioso que sea el problema del cáncer no creo que pueda sostenerse que nuestra civilización se halle amenazada por esta enfermedad. Una erradicación completa del cáncer aumentará nuestra esperanza de vida media en sólo unos pocos años, mientras van extendiéndose otras enfermedades que actualmente no gozan de la atención dispensada al mismo. Parece una hipótesis sumamente plausible que nuestra civilización se halla bajo una inmediata y seria amenaza, la falta de un control de la fertilidad adecuado. El incremento exponencial de la población sobrepasará en mucho todo crecimiento aritmético, incluso el obtenido a través de las más modernas iniciativas tecnológicas, en cuanto a disponibilidad de recursos alimentarios, como por lo demás previera Malthus hace ya muchos años. Mientras algunas naciones industrializadas se están acercando a un crecimiento cero de su población, el mundo contemplado globalmente está muy lejos de seguir este mismo rumbo.

Pequeñas fluctuaciones climáticas pueden destruir poblaciones enteras que dependan de economías marginales. En las sociedades más bien pobres en tecnología y en las que la perspectiva de alcanzar la edad adulta es bastante incierta, tener muchos hijos es la única forma de combatir tan desesperado y azaroso futuro. Mientras proliferan las armas nucleares al margen de toda consideración moral, cuando la elaboración de un ingenio atómico se ha convertido casi en una industria artesanal casera, la proliferación de hambrunas y el cada vez más profundo desnivel de riquezas entre unos países y otros plantean peligros muy serios tanto a las naciones desarrolladas como a las todavía sumergidas en el subdesarrollo. La resolución de todos estos problemas va condicionada a una mejora educativa, como mínimo la consecución para todo país de un nivel de autosuficiencia tecnológica, y, de forma muy especial, una justa distribución de los recursos mundiales. Aunque no basta con ello, pues también se hace imprescindible la puesta en marcha de programas anticonceptivos completamente adecuados (píldoras anticonceptivas para hombres y mujeres, gratuitas y de acción lo más prolongada posible, seguramente de un mes cada toma o incluso períodos más largos). La puesta en marcha de proyectos de este tipo será de enorme utilidad no sólo en países extranjeros, sino en nuestro propio suelo, donde empieza a difundirse una considerable inquietud acerca de los efectos secundarios de los anticonceptivos orales típicos a base de estrógenos. ¿Por qué

nuestro país no dedica un mayor esfuerzo investigativo a este terreno?

Actualmente se están planteando otras muchas alternativas tecnológicas que merecen un examen serio y en profundidad. Se trata de proyectos que oscilan entre presupuestos bajísimos y enormes inversiones económicas. En un extremo de la escala se sitúan las tecnologías blandas, como por ejemplo las que propugnan el desarrollo de sistemas ecológicos cerrados que engloben algas, quisquillas y peces criados en estanques rurales; se obtendrían así alimentos altamente nutritivos con un costo de producción extraordinariamente bajo, mientras que también serían muy pequeños los gastos precisos para hacerse con los suplementos que completasen adecuadamente la dieta. En el otro polo, encontramos la propuesta de Gerard O`Neill, investigador de la Universidad de Princeton; su proyecto, construir grandes ciudades orbitales que, mediante la utilización de materiales lunares y asteroidales, tuviesen capacidad para crear nuevas urbes en el espacio contando tan sólo con recursos extraterrestres. Tales ciudades-satélites de la Tierra podrían encargarse de convertir la luz solar en microondas energéticas y enviar la energía obtenida hasta nuestro planeta. La idea de construir ciudades aisladas en el espacio —cada una de ellas quizá construida sobre presupuestos sociales, económicos y políticos distintos, o con diferentes antecedentes étnicos— es sumamente atractiva, una soberbia oportunidad para los individuos desencantados de las civilizaciones terrestres de adoptar su propia vida en algún punto del cosmos. Siglos atrás, América proporcionó idéntica oportunidad a inadaptados, ambiciosos y aventureros. Las ciudades espaciales serán una especie de continente americano en los cielos, al tiempo que acrecentarán ampliamente el potencial de supervivencia de la especie humana. Sin embargo, el proyecto es extremadamente oneroso, con un costo mínimo equivalente al de la guerra de Vietnam (en dinero, no en vidas). Por lo demás, la idea tiene como enojoso contrapunto la decisión de abandonar la resolución de otros problemas que tenemos sobre nuestro planeta, donde, después de todo, también pueden establecerse con unos costes muchísimo más bajos comunidades de pioneros autosuficientes.

Es indudable que el número de proyectos tecnológicos actualmente realizables excede con mucho a nuestras posibilidades materiales. Algunos son proyectos extremadamente rentables a la larga, pero exigen una inversión inicial tan alta que los convierte en prácticamente inviables. Otros necesitan una inversión inicial de recursos atrevida, imposible sin una previa revolución en los esquemas mentales de nuestra sociedad. Debemos ser extremadamente cuidadosos al considerar cada una de las opciones. La estrategia más prudente nos aconseja combinar bajo riesgo con rendimiento regular o un riesgo mediano razonable con elevados rendimientos.

Para que tales iniciativas tecnológicas lleguen a ser comprendidas y apoyadas es esencial que se produzca un mejoramiento substancial del conocimiento científico y técnico por parte de la mayoría de la humanidad. Somos seres pensantes; nuestras

mentes constituyen nuestra característica diferencial como especie. No somos ni más fuertes ni más activos que muchos otros de los animales que comparten con nosotros el planeta. Lo único que somos es más ingeniosos. Además de los inmensos beneficios prácticos que derivamos de nuestro conocimiento científico, la contemplación de la ciencia y la tecnología nos permite ejercitar nuestras facultades intelectuales hasta los límites de nuestra capacidad. La ciencia no es más que una exploración del intrincado, sutil e imponente universo que habitamos. Quienes la practican conocen, aunque sólo sea ocasionalmente, aquel raro tipo de felicidad que Sócrates definiera como el mayor de los placeres humanos. Y además es un placer transferible. Para facilitar la participación de un público bien informado en la toma de decisiones tecnológicas, combatir la alienación que nuestra sociedad tecnológica genera en demasiados ciudadanos y disfrutar por el hecho de que nuestro conocimiento sobre algo es más profundo, es imprescindible una sustancial mejora en la educación científica, una exposición más amplia y cabal de sus poderes y encantos. Y un buen punto de partida sería contrarrestar el destructivo declive del número de profesores y alumnos interesados por la investigación científica o su enseñanza a todos los niveles.

Los medios más eficaces de comunicación de la ciencia a las grandes masas son la televisión, el cine y la prensa. Pero lo más frecuente es que la visión de la ciencia que se ofrece en tales medios sea aburrida, inadecuada, sombría, bastamente caricaturizada (como sucede en muchos de los programas televisivos de cadenas comerciales dedicados a los niños los sábados por la mañana) o incluso hostiles. Se han producido en épocas muy recientes asombrosos descubrimientos en la exploración de planetas, el papel que desempeñan una serie de minúsculas proteínas en nuestra vida emocional, las colisiones de continentes, la evolución de la especie humana (y la medida en que nuestro pasado prefigura nuestro futuro), la estructura última de la materia (y la cuestión de si quizá podemos ir encontrando indefinidamente partículas más elementales), la posibilidad de comunicarnos con civilizaciones instaladas en otros planetas o estrellas, la naturaleza del código genético (que predetermina nuestra herencia y fija nuestros lazos de parentesco con todas las plantas y animales que habitan nuestro planeta), y las interrogaciones fundamentales sobre el origen, naturaleza y destino de la vida, nuestro mundo y el universo contemplado como un todo. Los logros más recientes sobre estos temas puede comprenderlos a la perfección cualquier persona inteligente. Y en tal caso, ¿por qué se discute tan poco sobre ellos en los medios de comunicación, en las escuelas o en nuestras conversaciones cotidianas?

Una excelente forma de caracterizar cualquier civilización es tomar en consideración el modo en que plantean la resolución de todos estos problemas, la manera en que alimentan tanto a su cuerpo como a su espíritu. La moderna

elucidación científica de estas cuestiones constituye un intento de adquirir un punto de vista genéricamente aceptado acerca de cuál es nuestro lugar en el cosmos, y requiere imprescindiblemente una creatividad despierta, un cierto escepticismo mental y un vivo sentimiento de admiración ante el cosmos. Los interrogantes reseñados son bastante distintos de las cuestiones prácticas de que hablaba poco antes, pero están en estrecha vinculación con ellas y —como en el ejemplo ofrecido de Faraday y Maxwell— la estimulación de la investigación pura debe convertirse en la más sólida garantía de que acabaremos teniendo a nuestra disposición los medios técnicos e intelectuales que nos permitan abordar a satisfacción los problemas con que nos enfrentamos.

Sólo una parte muy pequeña de los jóvenes más capacitados escoge carreras científicas. Me quedo maravillado al ver que la capacidad y el entusiasmo ante la ciencia es mucho mayor en los niños que acuden a escuelas primarias que entre los muchachos de secundaria. Algo sucede durante los años escolares que les desalienta y les hace perder el interés (y no es básicamente la pubertad); debemos comprender y paliar este peligroso desencanto. Nadie puede predecir de dónde saldrán las figuras científicas del futuro. Albert Einstein se convirtió en científico, no gracias, sino a pesar de su escolarización (Cf. cap. 3). En su Autobiografía, Malcolm X nos habla de un corredor de apuestas que jamás llegó a escribir ni una sola cifra, aunque nunca tuvo tampoco el menor problema para retener de memoria un auténtico mundo de transacciones y cantidades. Y se preguntaba Malcolm, ¿qué contribución social no hubiera podido llevar a cabo una persona de tales capacidades con una educación y estímulo adecuados? Nuestros más brillantes jóvenes son un recurso nacional y mundial, y por tanto precisan cuidados y alimentación especiales.

Muchos de los problemas que se nos plantean son solubles, pero sólo si estamos dispuestos a aceptar soluciones atrevidas, brillantes y complejas. Y tales soluciones las encontrarán individuos atrevidos, brillantes y complejos, y creo que a nuestro alrededor existen muchos más, sea cual sea la nación, el grupo étnico y el estado social, de cuantos creemos. Por descontado, la educación de tales jóvenes no debe quedar restringida a los terrenos de la ciencia y la tecnología, pues una aplicación creativa de la nueva tecnología a los problemas humanos requiere una profunda comprensión de la naturaleza y la cultura humanas, una educación general en el más amplio sentido del término.

Nos encontramos en una encrucijada histórica. Ninguno de los momentos precedentes se ha mostrado a un tiempo tan peligroso y tan prometedor. Somos la primera especie que tendrá en sus propias manos su evolución como tal. Por vez primera en la historia disponemos de medios para provocar nuestra propia destrucción, intencionada o inadvertidamente. También disponemos, creo, de los medios para pasar de este estadio de adolescencia tecnológica a una madurez rica,

colmada y duradera para todos los miembros de nuestra especie. Sin embargo, ya no queda mucho tiempo para decidir por cuál de los senderos de la encrucijada encaminamos a nuestros hijos y nuestro futuro.

LOS FABRICANTES DE PARADOJAS

CAPÍTULO 5

SONÁMBULOS Y TRAFICANTES EN MISTERIOS: SENTIDO Y SINSENTIDO EN LAS FRONTERAS DE LA CIENCIA

LOS LATIDOS DE UNA PLANTA ESTREMECEN A UNA REUNIÓN DE CIENTÍFICOS EN OXFORD.
Sabio hindú causa nuevo asombro al mostrar «sangre» manando de la planta.
EL PÚBLICO, TOTALMENTE ABSORTO, contempla con el ánimo en suspenso cómo el conferenciante combate a muerte con una planta de linaria.

The New York Times,
7 de agosto de 1926, p. 1

William James solía predicar la «voluntad de creer». Yo, por mi parte, quisiera predicar la «voluntad de dudar»… Lo que se persigue no es la voluntad de creer, sino el deseo de descubrir, que es exactamente lo opuesto.

BERTRAND RUSSELL,
Sceptical Essays (1928)

DURANTE EL REINADO del emperador romano Marco Aurelio, en el siglo II de nuestra era, vivió en Grecia un magistral timador llamado Alejandro de Abonútico. Elegante, hábil, inteligente y falto por completo de escrúpulos, según palabras de uno de sus contemporáneos, iba de un lado para otro haciendo gala de oscuras pretensiones. Su engaño más célebre consistió en «irrumpir en la plaza del mercado, sin más vestimenta que un taparrabos de lentejuelas de oro y su cimitarra, agitando al viento su larga melena, como lo hacen los fanáticos que recolectan dinero en nombre de Cibeles, se encaramó a un elevado altar y desde allí arengó a la multitud» anunciando el advenimiento de un nuevo dios oracular. Alejandro exhortó a la construcción de un templo en aquel mismo lugar, idea aceptada de inmediato por la multitud que le rodeaba, y descubrió —en el lugar donde lo había previamente enterrado, desde luego — un huevo de oca en cuyo interior había encerrado una cría de serpiente. Abriendo el huevo, anunció al gentío que el nuevo dios profetizado era precisamente aquella pequeña serpiente. Alejandro se retiró luego a su casa durante unos pocos días, y cuando decidió volver a presentarse ante el pueblo expectante lo hizo con una enorme serpiente enroscada alrededor de su cuerpo; la serpiente habría crecido asombrosamente en el ínterin.

En realidad, la serpiente era de una variedad convenientemente grande y dócil que para tal propósito se había procurado tiempo antes en Macedonia, y además estaba

provista de una caperuza de lino de aspecto vagamente humano. El templo estaba apenas iluminado. A causa de la presión ejercida por la multitud expectante, ningún visitante podía permanecer demasiado tiempo en la habitación o examinar la serpiente con detenimiento. En consecuencia, la opinión difundida entre la multitud era que el profeta les entregaba un auténtico dios.

A continuación Alejandro indicó que el dios era capaz de dar respuesta a preguntas planteadas por escrito que se entregaran dentro de sobres sellados. Una vez a solas, doblaba o rasgaba el sello, leía el mensaje, recomponía con todo cuidado el sobre e introducía el texto original al que había añadido una respuesta. Pronto llegaría gente de todo el imperio para atestiguar con sus ojos la existencia de una maravillosa serpiente pitonisa con cabeza humana. En caso de que la respuesta del oráculo se mostrase luego, ya no ambigua, sino claramente errónea, Alejandro tenía una solución muy simple: alterar el contenido de la respuesta escrita previamente. Además, cuando la interrogación de alguna persona adinerada envolvía alguna flaqueza humana o secreto punible, Alejandro no tenía el menor escrúpulo en extorsionar a su cliente. El resultado de todo este fabuloso tinglado produjo unos ingresos equivalentes hoy en día a varios cientos de miles de dólares anuales, además de una fama con la que pocos hombres de la época podían rivalizar.

Quizá sonriamos ante Alejandro, el traficante de profecías. Todos quisiéramos vaticinar el futuro y entrar en contacto con los dioses, pero hoy en día es imposible que nos veamos envueltos en un fraude de este tipo. ¿O acaso no lo es? M. Lamar Keene vivió durante trece años de sus servicios como médium espiritista. Era pastor de la Iglesia Asamblearia de la Nueva Era, en Tampa, uno de los administradores legales de la Asociación Espiritista Universal y, durante muchos años, una de las figuras señeras de la principal corriente del movimiento espiritista americano. Asimismo, fue un timador confeso, convencido, y ello con informaciones de primera mano, de que prácticamente todas las sesiones, conferencias y mensajes procedentes del más allá y obtenidas con la intervención de médiums eran supercherías intencionadas, fraudes destinados a explotar la aflicción y añoranza que todos sentimos por nuestros amigos y parientes muertos. Como Alejandro, Keene podía responder a interrogaciones escritas depositadas en sobres cerrados, pero él no lo hacía en privado sino desde un púlpito. Keene leía las preguntas con la ayuda de una lámpara oculta o de un líquido abrillantador, métodos ambos que proporcionaban transparencia transitoria a los sobres en cuestión. Encontraba objetos perdidos, asombraba a los que presenciaban sus sesiones con asombrosas revelaciones sobre sus vidas privadas «que era imposible que conociese», se comunicaba con los espíritus y conseguía materializar ectoplasmas, claro está, todo ello en reuniones mantenidas en penumbras y gracias a toda una serie de trucos bastante simples, una absoluta confianza en sí mismo y, por encima de todo, la inmensa credulidad, la

absoluta falta de escepticismo de que hacían gala sus feligreses y clientes. Keene creía, como lo hiciera Harry Houdini, que no sólo era generalizado el fraude espiritista, sino que sus cultivadores profesionales estaban altamente organizados e intercambiaban entre sí datos o clientela potencial para conseguir que sus revelaciones causaran mayor asombro. Lo mismo que las apariciones de la serpiente de Alejandro, todas las sesiones espiritistas se consuman en habitaciones oscuras, pues la claridad de la luz puede poner al descubierto con demasiada facilidad el engaño. En sus años de encumbramiento, Keene a duras penas logró equiparar sus ingresos, en cuanto a valor adquisitivo, a los de su ilustre antecesor, Alejandro de Abonútico.

Desde la época de Alejandro hasta nuestros días, incluso parece probable que desde que sobre este planeta existen seres humanos, la gente ha descubierto que podía ganar dinero arrogándose el poder de desentrañar lo misterioso y conocer lo oculto. Puede encontrarse una encantadora e iluminadora exposición de algunos de estos engaños en un notable libro de Charles Mackay, *Extraordinary popular delusions and the madness of crowds* (Fraudes populares extraordinarios e insensatez de las multitudes), publicado en Londres en 1852. Bernard Baruch afirmaba que la lectura de este libro le había ahorrado millones de dólares, presumiblemente alertándole de los necios proyectos en que no debía invertir ni un centavo. Mackay trata desde las profecías, las curaciones milagrosas y la alquimia hasta las casas embrujadas, las Cruzadas o la «influencia de la política y la religión en el crecimiento del cabello y la barba». El valor del libro, como muestra la historia relatada del traficante de oráculos Alejandro, reside en la antigüedad de los fraudes y engaños descritos. Muchas de las imposturas reseñadas no tienen un marco actual y estimulan nuestras pasiones sólo muy débilmente; el tema del libro son los fraudes en que cayeron gentes de otros tiempos pasados. No obstante, tras leer muchos de los casos descritos, empezamos a sospechar que existen versiones contemporáneas equivalentes. Los sentimientos impulsivos de la gente siguen siendo tan fuertes como antaño, y probablemente el escepticismo es algo tan raro hoy como pueda haberlo sido en cualquier otra época. En consecuencia, cabe esperar que sean muchos los timos difundidos por doquier en la sociedad contemporánea. Y efectivamente es así.

Tanto en tiempos de Alejandro como en los de Mackay, la religión era la fuente de las intuiciones más ampliamente difundidas y de las cosmovisiones dominantes. Quienes intentaban embaucar a las gentes solían, pues, hacerlo, por medio del lenguaje religioso. Desde luego, el método sigue en plena vigencia, como atestiguan sobradamente los espiritistas y otros movimientos similares. Pero dentro del último siglo, para bien o para mal, la ciencia se ha convertido para el común de las gentes en el medio fundamental para penetrar los secretos del universo, lo que llevaría a esperar que buena parte de los fraudes contemporáneos adoptaran una envoltura científica. Y

así es.

Desde hace poco más o menos un siglo se han expuesto una serie de fantásticas pretensiones en los terrenos limítrofes de la ciencia, un conjunto de asertos que han logrado excitar la imaginación popular y que, de ser ciertas, tendrían una enorme importancia científica. Vamos a examinar sucintamente un muestrario representativo. Los fenómenos reivindicados son siempre de carácter extraordinario, nos arrancan de la monotonía mundanal y, en no pocos casos, implican esperanzadoras promesas. Por ejemplo, se presupone que gozamos de amplios poderes jamás registrados, que fuerzas desconocidas nos envuelven para salvarnos o que existe algún armónico modelo del cosmos cuyo conocimiento todavía no hemos penetrado. En ciertas ocasiones la ciencia ha sostenido pretensiones de orden similar, por ejemplo al postular que la información hereditaria transmitida de generación en generación se encierra en una larga aunque bastante simple molécula de ADN, al postular la existencia de la gravitación universal o la deriva continental, al registrar la energía nuclear o al investigar el origen de la vida o la evolución histórica del universo. Por tanto, ¿qué diferencia puede haber entre éstas y otras pretensiones similares como, por ejemplo, que es posible flotar en el aire mediante un simple esfuerzo de la voluntad? Ninguna, excepto en lo que respecta a la forma de probar unas y otras. Quienes sostienen la existencia de la levitación tienen la obligación de demostrarlo ante sus escépticos oponentes bajo condiciones experimentales controladas. La obligación de demostrarlo es suya, no de quienes ponen en duda el fenómeno levitatorio. Tales pretensiones son demasiado importantes para no analizarlas con todo cuidado. En los últimos años se han afirmado muchas cosas sobre la levitación, pero no existe ni una sola película correctamente iluminada que nos muestre a una persona elevándose por los aires sin ayuda alguna, digamos cinco metros, y de la que pueda excluirse todo tipo de trucaje o fraude. Si la levitación fuese posible, sus implicaciones científicas, y más genéricamente, humanas, serían enormes. Quienes llevan a cabo observaciones acríticas o afirmaciones fraudulentas nos inducen a error y nos desvían del gran objetivo humano de comprender la maquinaria del universo. De ahí que jugar fuerte y deslavazadamente con la verdad sea asunto de la mayor seriedad.

Proyección astral

Consideremos el fenómeno usualmente denominado proyección astral. Bajo los efectos de un éxtasis religioso, un sueño hipnótico o, en algunos casos, de determinados alucinógenos, ciertos individuos indican haber experimentado la sensación de abandonar su cuerpo, flotar sin el menor esfuerzo hacia cualquier punto de la habitación (por lo general, el techo) y permanecer allí sin reintegrarse a su

sostén corporal hasta una vez finalizada la experiencia. Si realmente puede suceder algo de este tipo, se trata de un fenómeno de enorme importancia, pues trae implícitas una serie de consecuencias sobre la naturaleza de la personalidad humana e incluso sobre la posibilidad de «vida tras la muerte». Algunos individuos que se han visto muy cerca de la muerte, o que tras ser declarados clínicamente muertos han vuelto a la vida, han hablado de sensaciones muy similares. Pero hablar de una determinada sensación no significa que haya existido tal como se explica. Por ejemplo, puede darse el caso de que alguna sensación, que nada tiene de extraordinario, o alguna conexión defectuosa dentro del circuito neuroanatómico humano provoque bajo ciertas circunstancias la ilusión de haber experimentado una proyección astral (véase capítulo 25).

Hay una forma muy sencilla de verificar la existencia de una proyección astral. Se le pide a un amigo que, en nuestra ausencia, coloque un libro en algún elevado e inaccesible estante de la librería, de modo que no sea posible ver su título. Si creemos experimentar una experiencia proyectiva, flotemos hasta la parte alta de la habitación y entonces podremos leer el título del libro en cuestión. Cuando nuestro cuerpo vuelva al estado normal de vigilia y podamos indicar correctamente lo leído, tendremos prueba fehaciente de la realidad física de la proyección astral. Desde luego, no debe existir ningún otro posible medio de conocer el título del libro, como por ejemplo entrar solapadamente en la habitación cuando nadie nos observe o recabar información de nuestro amigo o cualquier otra persona enterada del asunto. Para evitar esta última posibilidad, el experimento debe efectuarse «doblemente a ciegas», es decir, que la selección y ubicación del libro debe hacerla alguien a quien no conozcamos y que a su vez no nos conozca en absoluto, y ésta será precisamente la persona encargada de juzgar si nuestra respuesta es correcta. Por cuanto conozco, jamás se ha registrado una experiencia de proyección astral bajo las premisas de control reseñadas y con la supervisión de gentes escépticas ante el supuesto fenómeno. Por tanto, a pesar de que no deba excluirse a priori la proyección astral, concluyo que existen muy escasas razones para creer en ella. Por otro lado, Ian Stevenson, psiquiatra de la Universidad de Virginia, ha reunido algunas pruebas de que en la India y el Próximo Oriente algunos muchachos relatan con todo lujo de detalles una vida anterior transcurrida a considerable distancia de su actual domicilio y en un lugar que jamás han visitado, y que ulteriores investigaciones vienen a demostrar que los datos de alguien recién fallecido allí se ajustan a la perfección con la descripción del muchacho. Sin embargo, no se trata de experimentos bajo control, y siempre cabe la posibilidad de que el muchacho haya oído por casualidad o recibido directamente informaciones que el investigador desconoce. Con todo, el trabajo de Stevenson es probablemente la más interesante de las investigaciones contemporáneas sobre «percepción extrasensorial».

Espiritismo

En 1848 vivían en el estado de Nueva York dos muchachitas, Margaret y Kate Fox, de las que se contaban maravillosas historias. En presencia de las hermanas Fox podían oírse misteriosos ruidos acompasados que, con más atención, resultaban ser mensajes codificados procedentes del mundo de los espíritus; pregúntesele algo al espíritu: un golpe significa no, tres golpes significa sí. Las hermanas Fox causaron sensación, emprendieron giras por toda la nación organizadas por su hermana mayor y se convirtieron en centro de atención de una serie de intelectuales y literatos europeos, como por ejemplo Elizabeth Barrett Browning. Las «exhibiciones» de las hermanas Fox constituyen la fuente del espiritismo moderno, según el cual, gracias a un especial esfuerzo de la voluntad, unos pocos individuos atesoran el don de comunicarse con los espíritus de personas ya fallecidas. Los compinches de Keene tienen una deuda impagable con las hermanas Fox.

Cuarenta años después de las primeras «exhibiciones», desasosegada consigo misma, Margaret Fox redactó una confesión firmada. Los golpes se producían, mientras permanecían de pie sin esfuerzo ni movimiento aparentes, chasqueando las articulaciones de los dedos de los pies o de los tobillos, de modo muy similar a como se produce un crujido con los nudillos. «Y así fue como empezamos. Primero, como un simple truco para asustar a nuestra madre, pero luego, cuando empezó a visitarnos mucha gente, fuimos nosotras mismas las atemorizadas, y nos vimos forzadas a continuar con el engaño para protegernos. Nadie podía pensar en un truco ya que éramos demasiado niñas para que se nos ocurriese tal cosa. Actuamos como lo hicimos bajo el estímulo intencionado de nuestra hermana mayor y el inconsciente de nuestra madre». La hermana mayor, encargada de organizar las giras, parece haber sido siempre plenamente consciente del fraude. Su motivación para mantenerlo, el dinero.

El aspecto más instructivo del caso Fox no es que se consiguiera embaucar a tanta gente, sino que tras confesar el engaño, después de que Margaret Fox hiciera una demostración pública en el escenario de un teatro neoyorquino de su «preternatural dedo gordo del pie», muchos fueron los engañados que se negaron a admitir la existencia de fraude. Sostenían que Margaret se había visto forzada a confesar bajo la presión de alguna Inquisición de sesgo racionalista. La gente raramente agradece que se le demuestre abiertamente su credulidad.

El gigante de Cardiff

En 1869, «mientras excavaba un pozo» cerca de Cardiff, villa situada al oeste de Nueva York, un granjero desenterró una enorme piedra en la que se reproducía con extraordinario verismo la figura de un hombre de tamaño más que considerable.

Clérigos y científicos afirmaron al unísono que se trataba de un ser humano de épocas pretéritas fosilizado, tal vez una prueba confirmadora del relato bíblico que sostiene que «en aquellos días, la Tierra la poblaban gigantes». Muchos fueron los comentarios desencadenados con la precisión de la figura, aparentemente superior a lo que ningún artesano hubiera podido jamás conseguir esculpiendo una piedra. Por poner un sólo ejemplo, podía incluso apreciarse la presencia de diminutas venas azuladas. Sin embargo, otras gentes se sintieron menos impresionadas, y entre ellas Andrew Dickson White, el primer rector de la Universidad de Cornell, quien declararía que se trataba de un fraude indudable, de una execrable escultura que no merecía más que un buen puntapié. Un examen meticuloso del gigante de Cardiff revelaría entonces que era una simple estatua de origen reciente, un engaño perpetrado por George Hull, de Binghampton, quien se describía a sí mismo como «tabaquero, inventor, alquimista y ateo», un hombre realmente muy ocupado. Las supuestas «venas azuladas» eran formaciones coloreadas propias de la roca en que se había esculpido la figura humana. El objetivo del engaño era desplumar turistas incautos.

Pero tan enojosa revelación no desalentó al empresario norteamericano P.T. Barnum, quien ofreció 60 000 dólares por arrendar el gigante de Cardiff durante tres meses. Barnum fracasó en su intento de alquilar la escultura para organizar exhibiciones itinerantes (sus propietarios estaban ganando demasiado dinero para desprenderse de ella), y tras hacerse con una copia decidió que fuera ésta la exhibida, para asombro de sus clientes y enriquecimiento de sus bolsillos. El gigante de Cardiff contemplado por muchos americanos fue dicha copia. Barnum exhibía una imitación de una falsificación. El gigante original languidece hoy en el Farmer's Museum de Coopers-Town, Nueva York. Tanto Barnum como H.L. Mencken señalaron haber efectuado la deprimente constatación de que nadie puede perder dinero subestimando la inteligencia del público americano. Sin embargo, no se trata de falta de inteligencia, que existe en dosis abundantes. El artículo que escasea es un adiestramiento sistemático para pensar críticamente.

Hans el listo, el caballo matemático

A comienzos del presente siglo existió en Alemania un caballo que podía leer, efectuar operaciones matemáticas y mostrar un profundo conocimiento de los asuntos políticos mundiales. O así parecía. El caballo era conocido por Hans el Listo. Era propiedad de Wilhelm von Osten, un anciano berlinés que, según opinión generalizada, era incapaz de verse involucrado en el menor fraude. Delegaciones de eminentes científicos examinaron la maravilla equina y la consideraron auténtica. Hans respondía a los problemas matemáticos que se le planteaban golpeando el suelo

con una de sus patas delanteras, y a las cuestiones de otro orden cabeceando de arriba abajo o de un lado a otro, según es costumbre entre los occidentales. Por ejemplo, si alguien le decía, «Hans, ¿cuál es el doble de la raíz cuadrada de nueve, menos uno?», tras una breve pausa, sumisamente, levantaba su pata delantera derecha y golpeaba cinco veces el suelo. «¿Es Moscú la capital de Rusia?». Agitaba la cabeza a derecha e izquierda. «¿Acaso es San Petersburgo?». Asentimiento.

La Academia Prusiana de las Ciencias nombró una comisión, encabezada por Oskar Pfungst, para examinar la cuestión más de cerca. Osten, quien creía fervientemente en los poderes y capacidades de Hans, aceptó encantado la investigación. Pfungst no tardó en detectar una serie de interesantes irregularidades. Cuanto más difícil era la pregunta, más tardaba Hans en responder; cuando Osten no conocía la respuesta, Hans mostraba pareja ignorancia; cuando Osten estaba fuera de la habitación o cuando se le vendaban los ojos a Hans, las respuestas ofrecidas por el caballo eran erróneas. Sin embargo, en ciertas ocasiones Hans podía ofrecer respuestas correctas a pesar de hallarse en un medio que le era extraño, rodeado de observadores escépticos y con Osten, su dueño, no sólo fuera del recinto, sino incluso de la ciudad. Finalmente se vislumbró la solución al enigma. Cuando se le planteaba a Hans un problema matemático, Osten se ponía ligeramente tenso por miedo a que Hans no golpease el suficiente número de veces. Por el contrario, cuando Hans terminaba de dar el número de golpes preciso, de forma inconsciente e imperceptible Osten inclinaba su cabeza en señal de asentimiento o se relajaba de la tensión mantenida. Su distensión era virtualmente imperceptible para cualquier observador humano, —pero no para Hans, que era premiado con un terrón de azúcar por cada respuesta correcta. Además, no pocos observadores que se mostraban escépticos ante las habilidades de Hans fijaban sus ojos en las patas delanteras desde el momento mismo en que acababa de ser formulada la pregunta y modificaban sensiblemente su postura o gestos cuando el caballo llegaba a la respuesta correcta. Hans nada sabía de matemáticas, pero era extremadamente sensible a toda señal inconsciente no verbalizada. Y de orden similar eran los signos que imperceptiblemente se le transmitían al caballo cuando la pregunta no era matemática. A decir verdad, el apodo de Listo se adaptaba perfectamente a Hans. Era un caballo condicionado por un ser humano y que había descubierto que otros seres humanos que jamás había visto antes también le podían proporcionar las indicaciones que precisaba. Pero a pesar de la falta total de ambigüedad de la solución ofrecida por Pfungst, historias similares de caballos, cerdos o patos sabios que entienden de aritmética, saben leer o poseen conocimientos políticos han seguido impregnando la credulidad de muchas naciones. [2]

Sueños premonitorios

Uno de los fenómenos aparentemente más asombrosos de la percepción extrasensorial son las experiencias premonitorias, aquellas en las que una persona tiene una percepción clara y precisa de un desastre inminente, la muerte de un ser amado o el establecimiento de comunicación con un amigo desaparecido mucho tiempo atrás, y que tras tenerla se produce el evento intuido. Muchas de las personas que han tenido tal tipo de experiencias señalan que la intensidad emocional de la premonición y su subsiguiente verificación provocan una abrumadora sensación de estar en contacto con otro ámbito de realidad. He tenido oportunidad de experimentar por mí mismo una de tales premoniciones. Hace ya muchos años me desperté de repente bañado por un sudor frío y con la certidumbre de que un pariente cercano acababa de morir en aquel momento. Me sentí tan impresionado por la obsesionante intensidad de la experiencia que temí poner una conferencia telefónica no fuera el caso que mi allegado tropezara con el hilo telefónico, o algo por el estilo, y convirtiera la premonición en profecía plenamente cumplida. El familiar en cuestión vive y goza de buena salud, y sean cuales fueren las raíces psicológicas de la experiencia, lo cierto es que no era un reflejo de un suceso que acabara de producirse en el mundo real.

No obstante, supongamos que el pariente hubiera efectivamente fallecido esa noche. Creo que hubiera sido difícil convencerme de que era una mera coincidencia. Si cada americano tiene experiencias premonitorias de este tipo unas pocas veces a lo largo de su vida, es inmediato concluir que un simple registro estadístico de las mismas dará lugar a que cada año se produzcan algunos acontecimientos premonitorios aparentes en América. Quizá se desprenda de nuestro registro que tales sucesos pueden ocurrir con bastante frecuencia, pero para la persona que sueñe un desastre que venga inmediatamente confirmado por la realidad el hecho es misterioso y le produce un temor reverencial. Quizá tales coincidencias se le presenten a alguien cada varios meses, pero es más que comprensible que quien viva las premoniciones convertidas en realidad se resistirá a explicarlas como simples coincidencias.

Tras vivir mi experiencia no escribí ninguna carta a un instituto de parapsicología relatando haber tenido un sueño premonitorio que no se vio confirmado por la realidad. No era algo susceptible de merecer un registro. Pero si la muerte que había soñado se hubiese producido efectivamente, la hipotética carta habría pasado a convertirse en prueba a favor de la premonición. Los éxitos se registran, mientras que los errores no. Aunque sea inconscientemente, la naturaleza humana conspira para producir un registro sesgado de la frecuencia con que se produce tal tipo de eventos.

Todos los casos reseñados —Alejandro, el traficante de profecías, Keene, la proyección astral, las hermanas Fox, el gigante de Cardiff, Hans el Listo y los sueños premonitorios— son fenómenos típicos que se mueven en las zonas limítrofes del

ámbito científico. Se trata de casos asombrosos, fuera de lo ordinario, hechos maravillosos o que infunden temor reverencial; en todo caso, se trata de fenómenos que nada tienen de tediosos o comunes. Resisten análisis superficiales de la gente instruida, y en ciertos casos incluso estudios más detallados que les otorgan el respaldo de algunas celebridades y científicos. Quienes aceptan la validez de tan insólitos fenómenos se niegan a aceptar todo intento de explicación convencional. Las auténticas causas más frecuentes son de dos tipos. Uno, el fraude consciente con objeto de enriquecerse, como el caso de las hermanas Fox o el gigante de Cardiff, y quienes aceptan la superchería han sido embaucados. Otro, y en este caso solemos engañarnos a nosotros mismos, es mucho más difícil de precisar, y corresponde a aquellos fenómenos inusualmente sutiles y complejos, aquellos cuya naturaleza es mucho más intrincada de cuanto habíamos supuesto y cuya comprensión requiere un análisis realmente profundo. Podrían enmarcarse en este segundo apartado casos como el de Hans el Listo o buena parte de los sueños premonitorios.

Hay otra razón que me ha llevado a escoger los ejemplos precedentes. Todos ellos están estrechamente relacionados con la vida cotidiana; afectan al comportamiento animal o humano, es posible evaluar la veracidad de las pruebas y constituyen otras tantas ocasiones para ejercitar el sentido común. Ninguno de los casos expuestos abarca complejidades tecnológicas u oscuros razonamientos teóricos. Por decirlo así, no necesitamos tener sólidos conocimientos de física para cribar escépticamente las pretensiones de los modernos espiritistas. Con todo, estos engaños, imposturas y falsas interpretaciones han conseguido cautivar a millones de individuos. En consecuencia, será infinitamente más difícil y peligroso evaluar ciertas cuestiones que se ubican en la zona fronteriza de ciencias mucho menos familiares al hombre medio, como por ejemplo las catástrofes cósmicas, la existencia de supuestos continentes desaparecidos o la de objetos voladores no identificados.

Quiero distinguir entre quienes elaboran y promueven sistemas de creencias sobre cuestiones limítrofes y quienes las aceptan. Estos últimos se sienten compelidos muy a menudo por la novedad de los sistemas propuestos y la sensación de grandiosidad y penetración que conllevan. De hecho, adoptan actitudes y objetivos científicos. Es fácil imaginar visitantes extraterrestres de aspecto humano, que con vehículos espaciales e incluso aeroplanos similares a los nuestros, nos visitaron en tiempos remotos y son algo así como nuestros antepasados. No son cosas que resulten demasiado extrañas a nuestra imaginación y son lo suficientemente similares a ciertas historias religiosas occidentales como para que nos sintamos cómodos en tales contextos. La búsqueda de microbios marcianos de exótica bioquímica o de radiomensajes interestelares de seres inteligentes biológicamente muy distintos de nosotros es tarea mucho más difícil y no tan agradable. Muchos son los que se sienten atraídos por la primera perspectiva citada, pero el número de los que adoptan la

segunda es ya considerablemente menor. No obstante, creo que buena parte de los que se interesan por la idea de antiguos astronautas visitando la Tierra están motivados por inquietudes sinceramente científicas, y, eventualmente, de orden religioso. Existe un amplio e impreciso interés popular por los temas científicos con mayor carga de misterio. Para mucha gente, la vulgaridad presuntuosa que envuelve las doctrinas acerca de las zonas limítrofes de la ciencia es la mejor aproximación de que disponen a una ciencia fácilmente comprensible. La popularidad de tales protociencias es un claro reproche a escuelas, prensa y televisión comercial por la escasez de sus esfuerzos, además inefectivos y faltos de imaginación, en favor de una educación científica. Y también es un reproche para nosotros los científicos, que tan poco hacemos por popularizar nuestro trabajo.

Quienes abogan por la existencia de antiguos astronautas —el ejemplo más notable en esta línea es el de Erich von Daniken y su libro *Chariots of the Gods?*— sostienen que son muy numerosos los restos arqueológicos que sólo pueden explicarse recurriendo a contactos entre nuestros antepasados y civilizaciones extraterrestres. Sostienen que, entre otras varias cosas, seres extraterrestres son responsables de la construcción o supervisión de una columna de acero hallada en la India, una placa hallada en Palenque, México, las pirámides de Egipto, los monolitos de piedra de la isla de Pascua (que en opinión de Jacob Bronowski, todos guardan cierta semejanza con Benito Mussolini), o las figuras geométricas de Nazca, Perú. Sin embargo, el origen de todos estos artefactos tiene siempre una explicación mucho más sencilla y plausible. Nuestros antepasados históricos no eran unos zoquetes. Quizá no tuvieran una sofisticada tecnología, pero eran tan hábiles e inteligentes como nosotros y en determinados casos concretos combinaron tales dosis de dedicación, inteligencia y duro trabajo que consiguieron resultados que nos impresionan incluso a nosotros. La teoría de los antiguos astronautas sobre nuestro planeta se halla bastante difundida, y creo que de forma interesada, entre los burócratas y políticos soviéticos, tal vez porque sirve para mantener viejos sentimientos religiosos en un contexto científico aceptablemente moderno. La versión más reciente del tema de los astronautas de la antigüedad sostiene que las gentes dogones de la república de Malí conservan una tradición astronómica sobre la estrella Sirio que sólo pueden haber adquirido por contacto con una civilización de alienígenas. De hecho, parece la explicación correcta, pero tales extranjeros nada tienen que ver con astronautas, antiguos o modernos (cf. cap. 6). Nada tiene de sorprendente que las pirámides hayan desempeñado un papel tan importante en las historias sobre antiguos astronautas. Desde que Napoleón invadiera Egipto, los restos de su antigua civilización impresionaron hasta tal punto a los europeos que no han dejado de mostrarse como una fuente de innumerables sinsentidos. Mucho se ha escrito sobre la supuesta información numerológica almacenada en las dimensiones

físicas de las pirámides, especialmente sobre la gran pirámide de Gizeh, llegándose a afirmar, por ejemplo, que la proporción entre altura y anchura, medida en ciertas unidades, es la misma que el tiempo en años que separa a Adán de Jesús. Existe el caso célebre de un piramidólogo al que se observó limando una protuberancia para que existiera una mayor concordancia entre sus observaciones y sus especulaciones. La manifestación más reciente del interés despertado por las pirámides es la «piramidología», y entre otras cosas sus cultivadores sostienen que tanto nosotros como nuestras navajas de afeitar funcionan mejor y duran más dentro de las pirámides que en nuestros actuales cubículos ciudadanos. Puede ser. Por mi parte, viviendo en espacios cuadriculados y habitaciones como cajas de zapatos debo admitir que me siento deprimido, pero tampoco debe olvidarse que durante la mayor parte de su historia la raza humana no ha encerrado sus vidas en tan opresivos espacios. Sea como fuere, las tesis de la piramidología jamás se han verificado en condiciones adecuadas de control experimental. Una vez más, no han sido sometidas a la piedra de toque experimental.

El «misterio» del triángulo de las Bermudas gira en torno a desapariciones no explicadas de barcos y aeroplanos en una vasta región oceánica que circunda dichas islas. La explicación más razonable para tales desapariciones (cuando son tales, pues de muchas de tales desapariciones se ha verificado que jamás se produjeron) es que los navíos se hunden. En cierta ocasión, señalé en un programa de televisión que me parecía extraño que barcos y aviones desaparecieran misteriosamente, pero que nunca sucediera algo similar con trenes, a lo que Dick Cavett, el presentador, me respondió: «Veo que usted nunca ha estado esperando el tren de Long Island». Como los entusiastas de los astronautas de la antigüedad, los valedores del triángulo de las Bermudas usan argumentos chapuceramente académicos y retóricos, pero jamás han aportado la menor prueba convincente. No se han sometido a la dura prueba experimental.

Todo el mundo conoce perfectamente los platillos volantes, los ovnis. Sin embargo, detectar una luz extraña en los cielos no significa que estemos siendo visitados por seres procedentes de Venus o de una lejana galaxia llamada Spectra. Puede tratarse, por ejemplo, de los faros de un automóvil reflejados por una nube alta, o una bandada de insectos fosforescentes en vuelo, o un artefacto volante no convencional, o un avión corriente y moliente con luces de posición no ajustadas a las normas que para ellas existen, o un reflector de alta intensidad de los utilizados para observaciones meteorológicas. También existen algunos casos en los que una o dos personas afirman haber entrado en contacto con alienígenas espaciales, ser sometidos luego a exploraciones médicas no convencionales y, finalmente, dejados de nuevo en libertad. En tales casos, lo único de que disponemos es el fantástico testimonio de una o dos personas, sin otra posibilidad que la de elucubrar sobre la sinceridad o

verosimilitud del mismo. Por cuanto conozco, de los cientos de miles de informes sobre ovnis recogidos desde 1947, no existe ni uno solo en que varias personas hayan informado de forma independiente y digna de confianza el establecimiento de contactos con algo que sea un artefacto procedente de fuera de nuestro planeta.

No sólo carecemos de relatos probatorios aceptables, sino que no tenemos la menor prueba física sobre los ovnis. Nuestros laboratorios actuales son sumamente sofisticados. Un producto elaborado fuera de nuestro planeta sería fácilmente identificable como tal. Pues bien, nadie ha aportado jamás ni el más pequeño fragmento de nave espacial que haya superado las pruebas de laboratorio, y mucho menos el cuaderno de bitácora de una nave de mando espacial. De ahí que en 1977 la NASA declinara una invitación de la Casa Blanca para emprender una investigación seria sobre el tema de los ovnis. Si se excluyen fraudes y meras anécdotas, no parece quedar nada susceptible de estudio.

En cierta ocasión, mientras me encontraba en un restaurante con algunos amigos, detecté un brillo en los cielos, un ovni «revoloteante». Inmediatamente después de habérselo señalado, me encontré en medio de una nube de maitres, camareras, cocineros y clientes que acordonaban la acera, apuntaban al cielo con dedos y tenedores y daban claras muestras de asombro. Aquella gente estaba entre encantada y sobrecogida. Pero cuando regresé con un par de prismáticos que mostraban fuera de toda duda que el supuesto ovni era en realidad un avión de tipo especial (como se supo más tarde, una aeronave meteorológica de la NASA), cundió un profundo y generalizado desencanto. Algunos se mostraban embarazados por haber mostrado en público su credulidad. Otros estaban simplemente disgustados porque se había esfumado una muy buena historia, algo fuera de lo ordinario; acababa de difuminarse un posible visitante de otros mundos.

En buen número de casos no actuamos como observadores imparciales. Depositamos cierto interés emocional en los resultados, quizá sólo porque si fuesen ciertas algunas de las tesis de estas protociencias el mundo se convertiría en un lugar más interesante, quizá porque tengan algo que afecta los niveles más profundos de la psique humana. Si de verdad es posible la proyección astral, puedo sentir cómo una parte de mi ser abandona el cuerpo y viaja hasta otros lugares sin el menor esfuerzo, posibilidad realmente excitante. Si el espiritismo es real, mi alma sobrevivirá a la muerte de mi cuerpo, pensamiento probablemente muy confortable. Si existe la percepción extrasensorial, en muchos de nosotros se encierran poderes latentes que sólo necesitan ponerse al descubierto para hacernos más poderosos de lo que somos. Si la astrología está en lo cierto, nuestras personalidades y destinos están íntimamente ligados al resto del cosmos. Si realmente existen elfos, duendes y hadas (hay un libro precioso de estampas victorianas donde se recogen retratos de muchachas de unos quince centímetros de altura, con alas de gasa, mientras están conversando con un

grupo de caballeros victorianos), el mundo es un lugar mucho más intrigante de cuanto están dispuestos a admitir la mayoría de adultos. Si actualmente o en cualquier época histórica pretérita nos visitan o han visitado representantes de avanzadas y afables civilizaciones extraterrestres, quizá la condición humana no sea tan deplorable como parece, tal vez los extraterrestres lograrán salvarnos de nosotros mismos. Pero el hecho de que tales supuestos nos encanten o exciten no nos ofrece la menor garantía de que sean ciertos. Su veracidad sólo se impondrá a través de pruebas precisas y mi opinión, por lo general reacia, es que no existen (al menos por el momento) pruebas sólidas e irrefutables en favor de tales supuestos u otros similares.

Pero aún hay más. De ser falsas, muchas de las doctrinas apuntadas son realmente perniciosas. En el marco simplista de la astrología popular se juzga a las personas de acuerdo con uno de entre doce caracteres arquetípicos según sea el mes en que nacieron. Si la astrología es un sistema de creencias falso, estamos cometiendo una flagrante injusticia con los individuos tipificados de acuerdo con sus tesis, les colocamos en casilleros preestablecidos y nos rehusamos a juzgarlos por sí mismos, método muy familiar en las clasificaciones de orden sexista o racista.

El interés mostrado por los ovnis y los astronautas antiguos parece derivar, al menos en parte, de necesidades religiosas insatisfechas. Pon lo general, los extraterrestres son descritos como seres sabios, poderosos, llenos de bondad, con aspecto humano y frecuentemente arropados con largas túnicas blancas. Son, pues, muy parecidos a dioses o ángeles que, más que del cielo, vienen de otros planetas, y en lugar de alas usan vehículos espaciales. El barniz pseudocientífico de la descripción es muy escaso, pero sus antecedentes teológicos son obvios. En la mayoría de los casos los supuestos astronautas antiguos y tripulantes de ovnis son deidades escasamente disfrazadas y modernizadas, deidades fácilmente reconocibles. Un informe británico reciente sobre el tema llega incluso a señalar que es mayor el número de personas que creen en la existencia de visitantes extraterrestres que en la de Dios.

La Grecia clásica estaba preñada de historias en que los dioses descendían a la Tierra y entraban en contacto con los seres humanos. La Edad Media es igualmente rica en apariciones de ángeles, santos y vírgenes. Dioses, santos y vírgenes se aparecen sin cesar a lo largo de la historia humana a individuos que en apariencia merecen gozar del más alto grado de confianza. ¿Qué ha sucedido? ¿Dónde han ido todas las vírgenes? ¿Qué se ha hecho de los dioses del Olimpo? ¿Acaso han decidido abandonarnos en estos tiempos que corren, aparentemente más escépticos? ¿O acaso las creencias reseñadas constituyen un reflejo moderno de la superstición y credulidad humanas? Tras el extendido culto de los ovnis parece, pues, esconderse un posible peligro social. Si creemos que vendrán a resolver nuestros problemas seres de

otros mundos, quizá nos sintamos tentados a declinar buena parte de nuestros esfuerzos para resolverlos nosotros mismos, algo que por lo demás ya ha sucedido en los numerosos movimientos religiosos milenaristas que jalonan la historia humana.

Todos los casos de ovnis realmente interesantes lo son bajo el supuesto de que uno o unos pocos testigos no están intentando embaucarnos o no fueron embaucados. Sin embargo, la posibilidad de engañarse de cualquier testigo ocular es auténticamente impresionante.

1. Cuando en una clase de derecho se simula la consumación de un robo a modo de ejercicio, muy pocos son los estudiantes que llegan a coincidir sobre el número de asaltantes, sus respectivas vestimentas, las armas empuñadas o los comentarios de los ladrones, la secuencia real de los acontecimientos o el tiempo transcurrido en el asalto.
2. A una serie de profesores se les presentan dos grupos de muchachos desconocidos para ellos que han superado con idéntico aprovechamiento todos los exámenes. Pero a los profesores se les indica que mientras en un grupo dominan los alumnos listos en el otro abundan los mediocres. Los exámenes subsiguientes reflejarán esta calificación inicial errónea, independientemente del rendimiento real de los estudiantes. La predisposición falsea las conclusiones.
3. Se les muestra a una serie de testigos una filmación de un accidente automovilístico. A continuación se les plantean una serie de preguntas como, por ejemplo, ¿se saltó la señal de stop el coche azul? Una semana más tarde, interrogados de nuevo, una amplia proporción de testigos aseguran haber visto en la filmación un coche azul, a pesar de que ni remotamente aparecía un coche de tal color en la filmación proyectada el primer día. Parece ser que existe un estadio, poco después de presenciar cualquier suceso, en que verbalizamos lo que creemos haber visto y a partir de ahí ya queda así fijado para siempre en nuestra memoria. En esta fase somos tremendamente vulnerables, y cualquier creencia previa —por ejemplo, en los dioses del Olimpo, en los santos cristianos o en los astronautas extraterrestres— puede influenciar de forma inconsciente nuestros relatos testificales.

Los individuos que se muestran escépticos ante buena parte de los sistemas de creencias protocientíficas no son necesariamente personas que se sientan incómodas ante cualquier novedad. Por ejemplo, muchos de mis colegas, y yo mismo, estamos profundamente interesados por la posible existencia de vida, inteligente o no, en otros planetas. Pero debemos tener mucho cuidado en no inocular clandestinamente nuestros deseos y esperanzas en la realidad del cosmos. Dentro de la más genuina tradición científica, nuestro objetivo es encontrar respuestas reales, al margen de nuestras predisposiciones emocionales. Me mostraría tan gozoso como el primero si

algún día seres extraterrestres inteligentes visitaran nuestro planeta, y mi trabajo se vería con ello enormemente facilitado. Por lo demás, he empleado más tiempo del que hubiese querido pensando en temas relacionados con ovnis y antiguos astronautas. El interés generalizado por tales temas creo que es, al menos en parte, una buena cosa, pero nuestra apertura mental ante las deslumbrantes posibilidades que nos presenta la ciencia moderna debe verse atemperada por cierta finura de olfato escéptica. Muchas posibilidades inicialmente interesantes acaban por mostrársenos simplemente equivocadas. Para aumentar nuestros conocimientos sobre el cosmos es imprescindible abrir la mente a nuevas posibilidades y atesorar una firme voluntad de hallar respuesta a complejos e inquietantes enigmas. Interrogarse sobre temas arduos tiene ventajas subsidiarias. La vida política y religiosa americana, especialmente a partir de mediados de los 60, ha estado marcada por una excesiva credulidad pública, una clara desgana ante los temas más complejos, y como resultado estamos asistiendo a un innegable deterioro de nuestra salud nacional. El escepticismo del consumidor provoca un aumento en la calidad de los productos. Gobiernos, Iglesias e Instituciones educativas no muestran el menor celo en estimular un pensamiento crítico, quizá porque son plenamente conscientes de su vulnerabilidad.

Los científicos profesionales se ven generalmente obligados a elegir cuáles van a ser los objetivos de sus investigaciones. A pesar de la enorme importancia que tendría alcanzar ciertos logros, es tan escasa la probabilidad de éxito que nadie se muestra dispuesto a emprender determinados programas de investigación. (Éste ha sido el caso, durante años, de la detección de inteligencia extraterrestre. La situación ha cambiado de forma radical en los últimos tiempos a causa de los grandes avances radiotecnológicos, que nos permiten construir enormes radiotelescopios con sensibilidad para captar todo tipo de mensajes que se interpongan en nuestro camino. Jamás hasta ahora habíamos gozado de tales disponibilidades). Hay otros objetivos científicos perfectamente abordables, pero su importancia es absolutamente trivial. La mayor parte de los científicos dedicados a la investigación escogen una vía intermedia. De esta composición de lugar se desprende que sean muy pocos los científicos que deciden zambullirse en las «oscuras aguas» de las doctrinas pseudocientíficas con objeto de encontrar su verificación o refutación precisas. Las probabilidades de alcanzar resultados realmente interesantes —excepto en cuanto hace referencia a la naturaleza humana— parecen escasas y el tiempo que debería invertirse en la tarea muy considerable. Considero que los científicos deberían emplear más tiempo en la discusión de los temas reseñados, pues si no se manifiesta sobre los mismos la menor oposición de carácter científico da la sensación de que los consideramos razonables desde una perspectiva científica.

Hay muchos casos en que las creencias popularmente sustentadas son tan absurdas que son inmediatamente menospreciadas por la comunidad científica sin

que se tome la menor molestia para hacer públicas sus argumentaciones. Creo que mantener tal postura es un error. La ciencia, y especialmente hoy en día, depende del apoyo público. Puesto que por desgracia la mayor parte de la gente posee un conocimiento muy escaso e inadecuado de la ciencia y la tecnología, resulta muy difícil tomar decisiones inteligentes sobre cualquier problema científico. Algunas de las pseudociencias hoy en boga son empresas auténticamente rentables, y algunos de sus defensores no sólo se hallan fuertemente identificados con el tema en cuestión sino que obtienen con el mismo grandes sumas de dinero. La situación les inclina a una mayor inversión de recursos para defender sus puntos de vista. Algunos científicos no parecen tener el menor deseo de enzarzarse en discusiones públicas sobre la validez de las ciencias marginales a causa del esfuerzo que ello requiere y de la posibilidad latente de verse perdiendo un debate público. Sin embargo, intervenir en confrontaciones sobre estos tópicos es una excelente oportunidad de mostrar el método de trabajo científico en temas tan elusivos, así como un excelente modo de comunicar algo del poder y del placer que se deriva de la ciencia.

Se detecta una perniciosa inmovilidad a uno y otro lado de las fronteras que delimitan la empresa científica. El aislamiento de la ciencia y el rechazo ante toda novedad tienen una influencia negativa sobre la credulidad pública. En cierta ocasión, un distinguido científico me amenazó con hablarle al por entonces vicepresidente Spiro T. Agnew sobre mí si seguía empeñándome en organizar una mesa redonda en la Asociación Americana para el Progreso Científico sobre el hipotético origen extraterrestre de los ovnis en la que pudiesen tomar la palabra defensores y detractores de la idea. Un grupo de científicos, escandalizados por las conclusiones que apuntaba Immanuel Velikovsky en su libro *Worlds in Collision* e irritados por su desconocimiento de una serie de hechos científicos perfectamente establecidos, cometieron la ignominia de presionar al editor para que no publicase el texto en cuestión. Su gestión tuvo éxito, pero el libro aparecía poco después en otra editorial, que por cierto obtendría un buen provecho de su decisión. Cuando intenté organizar un segundo simposio en la misma Asociación Americana para el Progreso Científico destinado a discutir las ideas de Velikovsky, fui duramente criticado por prominentes figuras científicas que sostenían que toda atención pública al tema, aun cuando llegase a conclusiones negativas, no podía hacer más que prestar apoyo a la causa de Velikovsky.

No obstante, se celebraron ambos simposios, sus audiencias parece ser que los encontraron interesantes, fueron publicadas las ponencias y discusiones allí mantenidas, y hoy en día jóvenes de Duluth o Fresno tienen a su disposición algunos libros que presentan la otra cara del problema (cf. p. 61). Si la ciencia se expone con escaso atractivo e imaginación en escuelas y medios de difusión, quizá consiga despertarse el interés por ella a través de discusiones sobre sus límites bien

organizadas y llevadas a cabo en un lenguaje comprensible para el gran público. La astrología puede servir de palestra para discusiones sobre astronomía, la alquimia abrir el camino a la química, el catastrofismo velikovsquiano y los continentes desaparecidos, como la Atlántida, a la geología, el espiritualismo y la cientología a una amplia variedad de problemas psicológicos y psiquiátricos.

Muchas personas están aún convencidas de que si algo aparece en letra impresa debe ser verdad. Cuando salen a la venta libros sobre especulaciones completamente indemostrables o flagrantes sinsentidos surge de inmediato un curioso y distorsionado sentimiento público de que los temas tratados deben ser sólidas verdades. En la polémica desatada por la publicación en la prensa de un extracto del contenido de un libro de H. R. Haldeman a la sazón en prensa, sentí un enorme regocijo al leer las declaraciones del editor en jefe de una de las mayores empresas editoriales del mundo: «Creemos que un editor tiene la obligación de comprobar la exactitud de ciertos trabajos ensayísticos antes de proceder a su publicación. Nuestro sistema consiste en enviar el libro a una autoridad independiente en la materia para que efectúe una lectura objetiva previa de todo libro que la requiera». Estas palabras las pronunció un editor cuya empresa había puesto en circulación algunos de los más eximios ejemplos de pseudociencia de las últimas décadas. No obstante, hoy en día existen a disposición de todo el mundo libros que presentan la otra cara de la historia, y como muestra me permito reseñar aquí una pequeña lista de las doctrinas pseudocientíficas que gozan hoy por hoy de mayor predicamento y los más recientes intentos de refutar sus tesis desde una perspectiva científica.

Algunas doctrinas pseudocientíficas recientes y sus críticas

Mientras muchas de las doctrinas pseudocientíficas gozan de una gran difusión entre el público, la discusión y análisis pormenorizado de sus puntos débiles más sobresalientes no es, ni con mucho, tan ampliamente conocida, la presente lista puede servir de guía sobre algunos de tales trabajos críticos desde una perspectiva científica.

El triángulo de las Bermudas:

- *The Bermuda Triangle Mystery-Solved*, Laurence Kusche, Harper & Row, 1975

Espiritualismo:

- *A Magician Among the Spirits*, Harry Houdini, Harper, 1924
- *The Psychic Mafia*, M. Lamar Keene, St. Martin's Press, 1976
- *Uri Geller: The Magic of Uri Geller*, James Randi, Ballantine, 1975

La Atlántida y otros «continentes perdidos»:

- *Legends of the Earth: Their Geologic Origins*, Dorothy B. Vitaliano, Indiana University Press, 1973.
- *Lost Continents*, L. Sprague de Camp, Ballantine, 1975

OVNIS:

- *UFOs Explained*, Philip Klass, Random House, 1974.
- *UFOs: A Scientific Debate*, Carl Sagan y Thornton Page, eds., Norton, 1973

Astronautas de la Antigüedad:

- *The Space Gods Revealed: A Close Look at the Theories of Erich von Daniken*, Ronald Story, Harper & Row, 1976.
- *The Ancient Engineers*, L. Sprague de Camp, Ballantine, 1973

Velikovsky: *Worlds in Collision*

- *Scientists Confront Velikowsky*, Donald Goldsmith, ed., Cornell University Press, 1977

Vida emocional de las plantas:

- «Plant "Primary Perception"», K. A. Horowitz y otros, *Science*, 189: 478-480 (1975)

Uno de los temas analizados críticamente, la vida emocional de las plantas y sus preferencias musicales, estuvo en candelero hace muy pocos años, hasta tal punto que durante semanas y semanas las tiras de comics «Doonesbury» de Gary Trudeau se llenaron de conversaciones con vegetales. Se trata de un tema ya viejo, como nos permite comprobar uno de los epígrafes con que se abría el presente capítulo. Tal vez el único aspecto alentador del caso es que en nuestros días se acoge el tema con mucho más escepticismo que en 1926.

No hace demasiados años se creó un comité de científicos, magos y otros elementos diversos para arrojar alguna luz sobre los problemas de las pseudociencias. Inició sus actividades con algunos trabajos de gran utilidad, entre ellos la publicación de las más recientes noticias sobre la confrontación entre las perspectivas racionalista e irracionalista, debate que se remonta en el tiempo a los enfrentamientos entre el profeta Alejandro y los epicúreos, los racionalistas de la época. El comité también ha

protestado ante los organismos rectores de las distintas cadenas de televisión y ante la Comisión Federal de Comunicaciones por la usual falta de criticismo en los programas de la pequeña pantalla dedicados a las pseudociencias. Dentro del propio comité se ha abierto un interesante debate entre quienes opinan que debe combatirse toda doctrina que huela a pseudocientifismo y los que piensan que debe juzgarse cada corriente concreta en función de sus propios méritos, aunque el peso de la tarea probatoria debe recaer de lleno sobre quienes sustenten las teorías marginales. Por mi parte, me siento enormemente identificado con el segundo de los puntos de vista. Creo imprescindible seguir interrogándose sobre el mundo de lo extraordinario, pero las hipótesis sobre fenómenos insólitos requieren ineludiblemente pruebas confirmatorias asimismo extraordinarias.

Desde luego, los científicos son seres humanos y cuando se apasionan pueden abandonar temporalmente el ideario y métodos de sus disciplinas. Sin embargo, los ideales del método científico se han manifestado a lo largo de la historia como tremendamente eficaces. Para determinar cómo funciona el mundo es imprescindible recurrir a una mezcla de corazonadas, intuición y brillante creatividad, y bien entendido que en ningún momento de la investigación debe abandonarse un férreo criterio crítico regido por el escepticismo. Los más sorprendentes e inesperados logros de la ciencia se han generado a partir de una tensión motriz entre creatividad y escepticismo. En mi opinión, las propuestas de la pseudociencia palidecen al confrontarlas con cientos de actividades y descubrimientos de la ciencia auténtica de nuestros días. Sólo a modo de ejemplos, reseñaré la existencia de dos cerebros semiindependientes dentro de cada cráneo humano, la indiscutible realidad de los agujeros negros, la deriva y colisiones continentales, el lenguaje de los chimpancés, los imponentes cambios climáticos que se producen en Marte y Venus, la antigüedad de la especie humana, la búsqueda de vida extraterrestre, la elegante función autocopiadora de la arquitectura molecular que controla nuestra herencia y evolución o las distintas pruebas observacionales sobre el origen, naturaleza y destino de nuestro universo contemplado como un todo.

Pero el éxito de la ciencia, tanto en lo que afecta a su estímulo intelectual como a sus aplicaciones prácticas, depende básicamente de su capacidad para autocorregirse. Siempre debe existir un modo de verificar la validez de una idea, siempre hay que tener a mano la posibilidad de reproducir cualquier experimento verificador o falseador. El carácter personal o las creencias de los científicos deben ser factores irrelevantes en su trabajo, y sus afirmaciones sólo deben apoyarse en pruebas experimentales. Los argumentos de autoridad no cuentan en absoluto, pues con demasiada frecuencia han errado todo tipo de autoridades. Quisiera ver a las escuelas y medios de comunicación difundiendo este modo de pensar tan científicamente eficaz, y ciertamente sería asombroso y encantador verlo incorporarse al terreno de la

política. Una característica primordial de los científicos ha sido siempre su capacidad para cambiar pública y radicalmente sus puntos de vista al serles presentadas nuevas pruebas y argumentos. Por desgracia, no puedo recordar a ningún político que haya mostrado similar apertura mental y buena voluntad en cuanto a la modificación de sus puntos de vista.

Buena parte de los sistemas de creencias ubicados en las fronteras del ámbito científico no pueden someterse a una experimentación clara y precisa. Son postulados anecdóticos que dependen por entero de la veracidad de los testigos oculares, por lo general un material que merece escasa confianza. Tomando como punto de referencia situaciones pasadas, parece indudable que muchos de tales sistemas marginales acabarán mostrándose faltos de toda validez. Pero no podemos rechazar de plano, del mismo modo que tampoco podemos aceptarlas sin más, todas estas creencias en conjunto. Por ejemplo, entre los científicos del siglo XVIII se tenía por absurda la idea de que pudiesen caer del cielo grandes masas rocosas; Thomas Jefferson señalaba a propósito de un relato sobre tal tipo de fenómenos, que se sentía más inclinado a creer que los científicos americanos estaban mintiendo que aceptar que las rocas habían caído del cielo. No obstante, lo cierto es que caen rocas del cielo, los denominados meteoritos, y nuestras ideas a priori sobre el fenómeno no arrojan la más mínima luz sobre la verdad del mismo. No debe olvidarse, sin embargo, que la auténtica realidad del fenómeno sólo quedó plenamente establecida tras un minucioso análisis de docenas de testimonios independientes sobre la caída de un mismo meteorito, testimonios apoyados por un enorme conjunto de pruebas físicas, entre las que se incluían la recuperación de meteoritos de los tejados de diversas casas y de entre los surcos de campos de labranza.

Prejuicio significa literalmente juicio previo, equivale al rechazo apriorístico de cualquier afirmación antes de haber examinado las pruebas que pretenden sustentarla. El prejuicio es resultado de una postura emocional, jamás del razonamiento cuidadoso. Si debemos determinar la veracidad de un asunto debemos abordarlo con una apertura mental tan grande como sea posible, así como con plena conciencia de nuestras limitaciones y predisposiciones. Si tras un análisis cuidadoso, y franco de miras, de las pruebas que tenemos a nuestra disposición rechazamos una proposición determinada, ya no se trata de un prejuicio; en tal caso debiera hablarse de «postjuicio», de juicio a posteriori. Y ciertamente, este modo de actuar es prerrequisito indispensable para alcanzar cualquier tipo de auténtico conocimiento.

El examen crítico y escéptico de los problemas es el método aplicado cotidianamente en los asuntos prácticos y en la ciencia. Cuando compramos un coche, ya sea nuevo o usado, consideramos medida prudente exigir garantías escritas sobre su buen funcionamiento junto con la verificación del mismo mediante pruebas de conducción y comprobación de determinadas partes de la maquinaria. Solemos

desconfiar de los vendedores de automóviles que muestran reticencia en estos puntos. Y sin embargo los cultivadores de la mayor parte de pseudociencias se muestran visiblemente ofendidos cuando se desea someterles a un tipo de análisis similar. Muchas personas que afirman sentir percepciones extrasensoriales sostienen asimismo que sus habilidades desaparecen cuando se les observa cuidadosamente. El mago Uri Geller se siente feliz doblando llaves y cucharas ante un auditorio de científicos, quienes al enfrentarse con la naturaleza se hallan ante un adversario que juega limpio, pero se muestra enormemente desairado ante la idea de efectuar sus demostraciones frente a una audiencia de magos escépticos, quienes sabedores de las limitaciones humanas son también capaces de obtener efectos similares empleando trucos adecuados. Cuando se veda la posibilidad de efectuar observaciones críticas y de entrar en discusión, se está ocultando la verdad. Cuando se sienten criticados, los defensores de las creencias pseudocientíficas suelen recordar que en tiempos pasados fueron muchos los genios ridiculizados por sus coetáneos. Pero el hecho de que algunos genios se vieran escarnecidos con burlas, no supone ni de lejos que todas las personas de las que se han burlado fueran genios. Se burlaron de Colón, de Fulton y de los hermanos Wright, pero la gente también se ha reído de los innumerables payasos que en el mundo han habido.

Tengo la firme creencia de que el mejor antídoto para la pseudociencia es la ciencia:

- Existe en África un pez que habita en aguas frescas y es ciego. Dicho pez genera un campo eléctrico permanente que le permite distinguir entre predadores y presas así como comunicarse en un lenguaje eléctrico bastante elaborado con potenciales consortes y con otros peces de la misma especie. El pez en cuestión posee un sistema orgánico y una capacidad sensorial completamente desconocidas para los seres humanos pretecnológicos.
- Existe una aritmética, perfectamente razonable y autoconsistente desde el punto de vista lógico, en la que dos y dos no son cuatro.
- Se ha descubierto que las palomas, uno de los animales más simpáticos que existen, poseen una notabilísima sensibilidad ante campos magnéticos de intensidad unas cien mil veces inferior a la del dipolo magnético terrestre. Evidentemente, las palomas utilizan su capacidad sensorial extraordinaria para navegar y captar ciertos elementos de su entorno, como objetos metálicos, cables de conducción eléctrica, escaleras de incendios, etc., una facultad sensorial ni siquiera vislumbrada por ningún ser humano.
- Los quasars parecen ser explosiones de violencia casi inimaginable acaecidas en el corazón de las galaxias en las que perecen millares de mundos, muchos de ellos quizá habitados.
- En un torrente de cenizas volcánicas del este de África de una antigüedad de tres

millones y medio de años se han encontrado huellas de un ser de unos seis palmos de altura y de zancada firme que muy bien puede ser el ancestro común de monos y hombres. En las proximidades aparecen huellas de un primate de locomoción todavía no erecta correspondientes a un animal que seguimos desconociendo.

- Cada una de nuestras células contiene docenas de minúsculas factorías, las denominadas mitocondrias, que combinan nuestros alimentos con oxígeno molecular para extraer así la energía adecuada a nuestras necesidades. Descubrimientos recientes parecen sugerir que miles de millones de años atrás las mitocondrias eran organismos autónomos que fueron evolucionando lentamente hacia el establecimiento de una mutua relación de interdependencia con la célula. Al aparecer en los organismos pluricelulares quedó preservado este tipo de relación que señalamos. Como consecuencia, y hablando en sentido estricto, nosotros no somos un solo organismo único, sino una aglomeración de alrededor de diez billones de seres, y no todos del mismo tipo.
- Marte posee un volcán de casi 24 kilómetros de altura que surgió como tal unos 1000 millones de años atrás. Y tal vez existan en Venus volcanes aún mayores.
- Nuestros radiotelescopios han captado la radiación cósmica de fondo del cuerpo negro, que no es otra cosa que el distante eco del suceso conocido como Big Bang (la gran explosión). Por decirlo de otro modo, hoy en día todavía observamos las llamaradas de la creación.

Podría seguir casi indefinidamente esta lista. Estoy convencido de que un conocimiento incluso superficial de los más recientes descubrimientos de la ciencia y la matemática modernas es más asombroso y excitante que la mayor parte de doctrinas pseudocientíficas. Sus practicantes ya fueron adjetivados en época tan lejana como el siglo V a. C. por el filósofo jónico Heráclito de «sonámbulos, magos, sacerdotes de Baco, traficantes de misterios». La ciencia es algo más intrincado y sutil, nos revela un universo mucho más rico, evoca nuestra capacidad de asombro. Además, tiene una importante virtud adicional —y el término tiene pleno significado sea cual sea el ámbito en que se aplique—, la de ser verdad.

CAPÍTULO 6

ENANAS BLANCAS Y HOMBRECILLOS VERDES

> No hay testimonio alguno capaz de probar un milagro, a menos… que su falsedad sea más milagrosa que el hecho que pretende establecer.
>
> DAVID HUME
> *Sobre los milagros*

LA HUMANIDAD HA CONVERTIDO ya en realidad los vuelos interestelares. Con la ayuda del campo gravitatorio del planeta Júpiter, los ingenios espaciales *Pioneer 10* y *11* y *Voyager 1* y *2* han sido emplazados en trayectorias que les permitirán abandonar el sistema solar camino del reino de las estrellas. La velocidad a que se mueven todos estos ingenios espaciales es tremendamente lenta, a pesar de que son los objetos más rápidos jamás lanzados por la especie humana. Recorrer distancias típicamente interestelares les llevará decenas de miles de años. A menos de que se intente rectificar sus trayectorias, jamás volverán a transitar por ningún sistema planetario en las decenas de miles de millones de años de la historia futura de la vía Láctea. Las distancias interestelares son demasiado enormes. Son ingenios condenados a viajar por siempre jamás en el seno de las penumbras espaciales. Pero aun así, tales ingenios espaciales llevan consigo mensajes para prevenir la remota posibilidad de que en algún tiempo futuro seres de otros mundos logren interceptar las naves y se pregunten qué seres fueron los que las pusieron en movimiento para proseguir tan prodigiosos trayectos.[3]

Si somos capaces de diseñar y construir tales ingenios en un estadio de desarrollo tecnológico relativamente atrasado, ¿qué no podrá hacer una civilización que nos supere en miles o quizás en millones de años en cuanto a viajes interestelares controlados ubicada en otro planeta o estrella? Los vuelos interestelares precisan una gran inversión de tiempo para nosotros, y tal vez también para otras civilizaciones cuyos recursos sean sustancialmente superiores a los nuestros. Sin embargo, sería una necedad presuponer que en algún momento futuro no llegaremos a descubrir enfoques conceptualmente insospechados de la física o la ingeniería de los vuelos interestelares. Evidentemente, tanto por razones económicas como de rendimiento y comodidad, las transmisiones de radio interestelares aventajan en mucho a los vuelos espaciales, y de ahí que lo mejor de nuestros esfuerzos se haya concentrado en el

desarrollo de las comunicaciones por radio. No obstante, este último método es obviamente inadecuado para establecer contacto con sociedades o especies que vivan todavía en una fase pretecnológica. Fuera cual fuese el grado de sofisticación y potencia de tales transmisiones, antes de nuestros días no hubiésemos podido recibir ni entender ningún hipotético radiomensaje que llegase a nuestro planeta. Por lo demás, no cabe olvidar que la vida apareció sobre la Tierra hace unos 4000 millones de años, que los seres humanos se desenvuelven aquí desde hace varios millones, y que existen agrupaciones humanas civilizadas desde unos 10 000 años atrás.

No es una idea en absoluto descabellada que la cooperación de civilizaciones establecidas en distintos planetas de la Vía Láctea esté llevando a cabo cierto tipo de prospección galáctica, que mediante ojos u órganos similares estén observando la aparición de nuevos planetas y traten de descubrir mundos para ellos todavía ignorados. No obstante, nuestro sistema solar se encuentra extraordinariamente alejado del centro de la Galaxia y nada tendría de extraño que hubiesen desechado la posibilidad de llevar a cabo tales investigaciones. Quizá lleguen hasta nuestro planeta ingenios espaciales en misión de observación, pero sólo cada 10 millones de años, es decir, que no lo han hecho jamás en tiempos históricos. O, seamos más precisos y agotemos todas las posibilidades, tal vez hayan arribado a nuestro planeta algunos comandos de observación en tiempos suficientemente recientes dentro de la historia humana como para que los detectaran nuestros antepasados, o incluso como para que la historia de nuestra especie se haya visto afectada por el contacto con seres extraterrestres.

En un libro publicado en 1966, *Intelligent Life in the Universe*, yo mismo y el astrofísico soviético I. S. Shklovskii hemos discutido esta última posibilidad. Tras examinar un amplio muestrario de artefactos, leyendas y folklore de las más diversas culturas, llegamos a la conclusión de que ninguno de los supuestos indicios proporcionaba pruebas mínimamente convincentes de un eventual contacto extraterrestre. En todos los casos analizados existen explicaciones alternativas mucho más plausibles y que se fundamentan siempre en habilidades y comportamientos humanos. Entre los casos sometidos a discusión se encuentran varios que posteriormente han utilizado Erich von Däniken y otros ensayistas escasamente críticos como pruebas a favor de pretéritos contactos con extraterrestres. He aquí algunos ejemplos: las leyendas sumerias y sus piedras cilíndricas con inscripciones astronómicas; las historias bíblicas del Enoch eslavo y de Sodoma y Gomorra; los frescos dejados por los tassili en el norte de África; el cubo metálico trabajado a máquina y supuestamente hallado entre sedimentos geológicos de gran antigüedad y del que también se dice fue expuesto en determinado museo austríaco; y así sucesivamente. Posteriormente he seguido interesándome tanto como he podido en historias similares, y mi conclusión al respecto es que pocos son los casos que

merecen considerarse con un mínimo detenimiento.

En la larga letanía que aporta la arqueología popular sobre los «astronautas de la Antigüedad», los casos con un aparente interés tienen explicaciones alternativas perfectamente razonables, han sido presentados de forma distorsionada o no son más que simples supercherías, bulos o distorsiones de los hechos. Tal juicio es plenamente válido para los argumentos a la vista del mapa de Piri Reís, los monolitos de la isla de Pascua, los dibujos épicos de las llanuras de Nazca y los diversos artefactos encontrados en México, Uzbekistán y China.

Por lo demás, cualquier civilización extraterrestre avanzada que nos hubiese visitado no hubiera tenido el más mínimo problema para dejarnos una tarjeta de visita sin ningún tipo de ambigüedad. Para poner un ejemplo, son muchos los físicos nucleares que sostienen la existencia de una especie de «isla de estabilidad» para los núcleos atómicos, que se situaría en los aledaños de un hipotético átomo hiperpesado que tuviese poco más o menos 114 protones y 184 neutrones en su núcleo. Todos los elementos químicos más pesados que el uranio (cuyo núcleo alberga un total de 238 protones y neutrones) se desintegran espontáneamente en períodos de tiempo sumamente breves considerados a escala cósmica. Sin embargo, existen fundadas razones para suponer que las fuerzas de enlace entre protones y neutrones para aquellos núcleos que contengan alrededor de 114 de los primeros y 184 de los segundos darán lugar a átomos completamente estables. La creación de átomos de tales características sobrepasa nuestras posibilidades tecnológicas actuales, y naturalmente también las de nuestros antepasados históricos. Por consiguiente, un artefacto metálico que encerrase tales elementos sería una prueba irrefutable y sin la menor ambigüedad de la visita de una civilización extraterrestre avanzada en cualquier momento de nuestro pasado. Consideremos ahora el tecnecio, elemento cuya forma más estable tiene 99 protones y otros tantos neutrones. Partiendo de una determinada cantidad inicial de tecnecio, la mitad de la misma se ha desintegrado en otros elementos una vez transcurridos alrededor de 200 000 años; otros 200 000 años, y se habrá desintegrado la mitad del tecnecio restante; y así sucesivamente. Por consiguiente, todo el tecnecio formado en las estrellas junto con otros muchos elementos químicos miles de millones de años atrás habrá desaparecido en nuestros días. En otras palabras, todo el tecnecio terrestre sólo puede ser de origen artificial, y por lo demás esto es exactamente lo que nos indica su nombre. Un artefacto de tecnecio tendría una única explicación posible. De modo similar, hay en nuestro planeta elementos muy comunes inmiscibles entre sí, por ejemplo el aluminio y el plomo. Si se intenta obtener una aleación conjunta de ambos, el plomo, al ser considerablemente más pesado que el aluminio, precipita hacia la zona inferior del recipiente, mientras que el aluminio se queda flotando por encima de él. No obstante, en condiciones de ausencia de gravedad, características en el interior de un ingenio

espacial en pleno vuelo, el elemento más pesado ya no presenta su ineludible tendencia terrestre a precipitarse hacia abajo, lo que permite producir aleaciones tan exóticas como la Al/Pb. Uno de los objetivos de la NASA al proyectar las primeras misiones Shuttle era verificar la puesta en práctica de tales técnicas de aleación en ambientes de ingravidez. Todo mensaje escrito sobre una aleación aluminio/plomo y recuperado de una antigua civilización sería indudablemente merecedor de nuestra más cuidadosa atención.

También cabe la posibilidad de que nos remita a civilizaciones alienígenas un mensaje cuyo contenido sobrepase claramente los conocimientos científicos o las habilidades tecnológicas de nuestros antepasados. Aquí no se tratará, pues, del material escogido como soporte, sino del contenido intelectual intrínseco del mensaje. Por ejemplo, podrían ser buenos mensajes una interpretación vectorial de las ecuaciones de Maxwell o una representación gráfica de la distribución de radiaciones del cuerpo negro de Planck para diferentes temperaturas o una deducción de las transformaciones de Lorentz para la relatividad especial. Aun cuando la civilización primitiva que entrara en posesión de tales escritos no entendiese nada de ellos, bien podría haberlos reverenciado como objetos sagrados. Sin embargo, no se ha producido caso alguno de este tipo o similar, a pesar de ser de un innegable valor para cualquier historia sobre astronautas extraterrestres, antiguos o contemporáneos. Se han abierto debates sobre el grado de pureza de muestras de magnesio supuestamente procedentes de restos de algún ovni destruido, pero lo cierto es que la tecnología americana podía obtener sin problemas muestras metálicas equivalentes en el momento de ser presentadas como extraterrestres. Un hipotético mapa estelar recompuesto (de memoria) a partir del existente en el interior de un platillo volante no reproduce fielmente, como se pretendía, las posiciones relativas de las estrellas más cercanas a nosotros. De hecho un examen más atento muestra que no es mucho mejor que el «mapa estelar» que se obtendría esparciendo al azar manchas de tinta sobre unas pocas hojas en blanco con la ayuda de un viejo cálamo. A excepción de uno, los relatos que conocemos no son lo suficientemente precisos como para postular la posesión de un esquema correcto de conocimientos físicos o astronómicos modernos entre civilizaciones precientíficas o pretecnológicas. La única excepción conocida es la notable mitología elaborada en torno a la estrella Sirio por un pueblo originariamente afincado en la actual república de Mali, los dogones.

El pueblo dogon empezó a ser objeto de estudio intensivo por parte de los antropólogos a comienzos de la década de los 30 del presente siglo, y en la actualidad este antiguo pueblo africano se encuentra reducido a unos pocos cientos de miles de individuos. Algunos elementos de su mitología contienen reminiscencias de las leyendas de la antigua civilización egipcia, y algunos antropólogos han defendido la existencia de algunos vínculos culturales, aunque débiles, con dicha civilización. Los

ortos helíacos de la famosa estrella Sirio desempeñan un papel central en el calendario egipcio, pues eran el punto de referencia utilizado para predecir las crecidas del Nilo. Los aspectos más sobresalientes de la astronomía dogon nos han llegado a través del trabajo de Marcel Griaule, antropólogo francés que estudió el tema durante las décadas de los 30 y los 40. Aunque no hay razón alguna para dudar de los relatos de Griaule, es importante señalar que dentro del mundo occidental no existe registro alguno sobre las creencias populares de los dogones anterior al suyo y que toda información sobre el tema deriva del trabajo del antropólogo francés. Recientemente, las tradiciones dogonas han sido popularizadas por R. K. G. Temple.

A diferencia de la mayor parte de sociedades precientíficas, los dogones creen que los planetas, y entre ellos la Tierra, giran alrededor de sus ejes al mismo tiempo que en torno al Sol. Desde luego, para llegar a tal conclusión no se precisa en absoluto de conocimientos tecnológicos avanzados, tal como demuestra el propio caso de Copérnico, pero con todo es una concepción tremendamente inusual en la historia humana. En la Grecia clásica, la movilidad de la Tierra y los demás planetas fue defendida, excepcionalmente, por Pitágoras y Filolao, quien quizá sostuviese, en palabras de Laplace, «que los planetas estaban habitados y que las estrellas eran soles diseminados en el espacio, al tiempo que centros de otros sistemas planetarios». Situadas entre un amplio muestrario de ideas contradictorias, es indudable que se trata de conjeturas felizmente inspiradas.

Los antiguos griegos creían que el mundo estaba conformado exclusivamente por cuatro elementos primordiales, tierra, fuego, agua y aire. Entre los filósofos presocráticos no es raro el caso de quienes abogaban preferencialmente por alguno de ellos. Si el paso del tiempo llega a poner de manifiesto que, efectivamente, uno de tales elementos prevalece en el universo por encima de los demás, no hay razón para atribuir una especial intuición científica al filósofo presocrático que defendiese tal candidatura, pues es indudable que con sólo atender a razones estadísticas alguno de ellos estaba forzosamente obligado a estar en lo cierto. De modo equivalente, si en nuestro planeta existen varios cientos o miles de culturas, cada una con su propia cosmología, no debe sorprendernos en lo más mínimo que, de vez en cuando, por puro azar, una de ellas ponga sobre el tapete un idea, no sólo correcta, sino también de imposible deducción a partir de sus niveles de conocimiento.

No obstante, según Temple, los dogones van mucho más lejos. Este pueblo sostiene que Júpiter tiene cuatro satélites y que Saturno está rodeado por un anillo. Cabe dentro de lo posible que en muy extraordinarias condiciones algunos individuos de agudeza visual sorprendente hayan podido observar, sin ayuda de telescopio, los satélites galileanos de Júpiter y los anillos de Saturno, pero reconozcamos que al pensar así se bordean las más extremas fronteras de la plausibilidad. También se señala que los dogones representan los planetas moviéndose sobre órbitas elípticas,

algo que ningún astrónomo anterior a Kepler había llegado a postular.

Pero más sorprendente aún es cuanto afirman los dogones sobre Sirio, la estrella más brillante de los cielos. Los dogones sostienen que alrededor de Sirio órbita otra estrella oscura e invisible (según Temple, siguiendo una órbita elíptica) que concluye una rotación completa cada cincuenta años. Añaden que se trata de una estrella muy pequeña y muy densa, formada por un metal especial inexistente en la Tierra al que denominan sagala.

Pues bien, la estrella visible Sirio A tiene una extraordinaria compañera oscura, Sirio B, que gira a su alrededor en órbita elíptica completando una revolución cada 50,04 ± 0,09 años —Sirio B es el primer ejemplo de enana blanca que descubrió la astrofísica moderna. Su materia constitutiva se encuentra en un estado que recibe el nombre de «relativísticamente degenerado», estado de agregación de la materia que no se da en nuestro planeta, y puesto que en esta materia degenerada los electrones no están ligados a los núcleos atómicos puede calificarse con toda propiedad de metálica. La estrella Sirio A es conocida como estrella del Perro, y a Sirio B se le suele apodar «el Cachorro».

A primera vista, la leyenda de Sirio elaborada por los dogones parece ser la prueba más seria en favor de un antiguo contacto con alguna civilización extraterrestre avanzada. No obstante, si examinamos con más atención el tema, no debemos pasar por alto que la tradición astronómica de los dogones es puramente oral, que con absoluta certeza no podemos remontarla más allá de los años 30 del presente siglo y que sus diagramas no son otra cosa que dibujos trazados con un palo sobre la arena. (Señalemos de paso que parecen existir pruebas de que los dogones gustan de enmarcar sus dibujos con elipses y que, en consecuencia, Temple puede haber errado al afirmar que dentro de la mitología dogon tanto los planetas como la estrella Sirio B se mueven siguiendo órbitas elípticas).

Al examinar globalmente la mitología dogon constatamos que atesora una riquísima y detallada gama de materiales legendarios, mucho más rica, tal como han señalado buen número de antropólogos, que la de sus vecinos geográficos. Donde existe una notable riqueza legendaria hay, desde luego, una probabilidad mucho más elevada de que algunos de los mitos sustentados coincidan accidentalmente con descubrimientos de la ciencia moderna. Por descontado, en los pueblos con mitologías más restringidas disminuye en gran medida la probabilidad de concordancias accidentales. Pero, ¿acaso tropezamos con otros casos de coincidencia con adquisiciones científicas recientes al examinar el resto de la mitología dogon?

La cosmogonía dogon señala que el Creador examinaba un canasto trenzado de fondo cuadrado y boca redonda, tipo de cesto que sigue utilizándose actualmente en Malí. Una vez terminada la canasta, lo tomó como modelo para crear el mundo: la base cuadrada representaba los cielos y la boca circular el Sol. Ciertamente, no

considero que este relato sorprenda como notabilísima anticipación del pensamiento cosmológico moderno. En el relato dogon acerca de la creación de la Tierra, el creador inserta en el interior de un huevo dos pares de gemelos, cada uno constituido por un macho y una hembra, de los que se espera que maduren en el interior del huevo hasta fundirse en un único y perfecto ser andrógino. La Tierra surge cuando uno de los pares de gemelos rompe la cáscara del huevo antes de haber madurado, y entonces el Creador decide sacrificar el par restante a fin de mantener cierta armonía cósmica. Estamos ante una abigarrada e interesante mitología, pero en modo alguno parece que pueda sostenerse que sea cualitativamente diferente de buena parte de las otras mitologías y religiones de la humanidad.

La hipótesis de una estrella asociada a Sirio puede haber derivado naturalmente de la mitología dogon, en la que los gemelos juegan un papel central, pero aun así no parece existir ninguna explicación referencial para las cuestiones del período de revolución y densidad de la compañera de Sirio. El mito dogon sobre Sirio es demasiado similar a lo descubierto por la astronomía moderna y de una precisión cuantitativa extraordinaria como para atribuirlo a la casualidad. Y ahí está, inmerso en un corpus legendario que se ajusta con escasas desviaciones a todo modelo estándar de mitología precientífica. ¿Cuál puede ser la explicación? ¿Existe alguna posibilidad de que los dogones o sus ancestros culturales pudiesen haber visto realmente Sirio B y haber observado su período de rotación en torno a Sirio A?

Las enanas blancas como Sirio B tienen su origen en otras estrellas denominadas gigantes rojas, estrellas de enorme luminosidad y, nada sorprendente hay en ello, rojas. Los escritores de los primerísimos siglos de nuestra era describían la estrella Sirio como una estrella roja, y ciertamente no es éste su actual color. En un diálogo horaciano titulado *Hoc quoque tiresia* (Cómo enriquecerse rápidamente) se cita un trabajo precedente, sin ofrecer referencia concreta alguna, donde puede leerse, «la roja estrella del perro resquebraja con su calor las mudas estatuas». Como resultado de tan imprecisas fuentes de la antigüedad los astrofísicos contemporáneos se han visto levemente tentados a considerar la posibilidad de que la enana blanca Sirio B fue en tiempos históricos pretéritos una gigante roja detectable a simple vista, y que en esta época su luz convertía en prácticamente invisible a Sirio A. En tal caso, quizá existiese una etapa ulterior de la evolución de Sirio B en la que su brillo lumínico fuese prácticamente equiparable al procedente de Sirio A, de manera que era posible discernir sin ayuda instrumental el movimiento relativo de los dos miembros de la pareja estelar. Sin embargo, de acuerdo con los conocimientos más exactos y recientes que poseemos sobre la teoría de la evolución estelar parece de todo punto imposible que Sirio B llegase a su actual estado de enana blanca de haber sido una gigante roja pocos siglos antes de Horacio. Más aún, resulta realmente extraordinario que tan sólo los dogones registrasen la existencia de este par de estrellas que giran

una alrededor de la otra cada cincuenta años, y más teniendo en cuenta que una de ellas es de las más brillantes que existen en el cielo. En los siglos precedentes existió una escuela extremadamente competente de astrónomos dedicados a la observación tanto en Mesopotamia como en Alejandría —por no decir nada de las escuelas astronómicas coreana y china—, y sería realmente asombroso que no hubieran registrado la menor noticia del tema que nos ocupa.[4] Por tanto, ¿acaso nuestra única alternativa es creer que representantes de una civilización extraterrestre han visitado a los dogones o a sus antepasados?

El conocimiento de los cielos de los dogones es totalmente impensable sin la ayuda del telescopio. La conclusión inmediata es que dicho pueblo ha mantenido contactos con una civilización técnicamente avanzada. El único interrogante a resolver es, ¿qué civilización, extraterrestre o europea? Mucho más verosímil que una incursión educativa de antiguos extraterrestres entre la tribu de los dogones parece ser el supuesto de un contacto relativamente reciente con europeos de cultura científica que transmitieran al pueblo africano el notable mito europeo sobre Sirio y su enana blanca asociada, mito que tiene todas las características aparentes de una espléndida e increíble historia inventada. Tal vez el contacto con gentes de Occidente se produjera a través de visitantes europeos al continente africano, por medio de las escuelas francesas locales o posiblemente por contactos que establecieron en Europa nativos de África occidental que lucharon en el ejército regular francés durante la primera conflagración mundial.

La verosimilitud de la tesis sustentadora de que el origen de estas leyendas resida en contactos con europeos se ha visto incrementada por un reciente descubrimiento astronómico. Un equipo de investigación de la Cornell University dirigido por James Elliot descubrió en 1977, con ayuda de un observatorio aerotransportado situado a considerable altitud sobre el océano Indico, que el planeta Urano está rodeado de anillos, característica jamás detectada en observaciones efectuadas desde el suelo de nuestro planeta. Seres extraterrestres de avanzada cultura no hubiesen tenido la menor dificultad en descubrir los anillos de Urano al aproximarse a nuestro planeta. Por el contrario, los astrónomos europeos del pasado siglo y de las primeras décadas del actual nada sabían al respecto, y el hecho de que los dogones no mencionen en absoluto la existencia de otro planeta situado más allá de Saturno que también posee anillos creo que propicia la tesis de que sus informadores no fueron extraterrestres, sino europeos.

En 1844 el astrónomo alemán F. W. Bessel descubrió que el movimiento de la estrella Sirio (Sirio A), cuando se consideran largos períodos de tiempo, no es recto, sino que presenta ondulaciones al referido a las estrellas más distantes de nosotros. Bessel propuso la existencia de una compañera invisible de Sirio cuya influencia gravitatoria era la responsable del movimiento sinusoidal observado. Puesto que el

período de la revolución calculado era de cincuenta años, Bessel llegó a la conclusión de que la invisible compañera de Sirio invertía otros tantos en el movimiento conjunto de Sirio A y Sirio B alrededor de su centro de masas común.

Dieciocho años más tarde Alvan G. Clark, mientras estaba probando un nuevo telescopio de refracción de 18 pulgadas y media, descubrió casualmente por observación visual directa la compañera de Sirio, la estrella que conocemos como Sirio B. A partir del movimiento relativo de ambas, la teoría gravitatoria de Newton nos permite calcular sus respectivas masas. La masa de Sirio B resulta ser aproximadamente equivalente a la del Sol. No obstante, su brillo es casi diez mil veces más débil que el de su compañera Sirio A, a pesar de que sus masas sean prácticamente idénticas y se hallen a igual distancia de la Tierra. Todos estos hechos sólo pueden compatibilizarse si Sirio B tiene un radio mucho menor o una temperatura muchísimo más baja que su pareja. Con todo, en las postrimerías del XIX los astrónomos creían que estrellas con idéntica masa tenían poco más o menos igual temperatura, y a comienzos de nuestro siglo estaba ampliamente difundida la idea de que la temperatura de Sirio B no era especialmente baja. Las observaciones espectroscópicas que efectuara Walter S. Adams en 1915 confirmaban los anteriores supuestos. En consecuencia, sólo quedaba la posibilidad de que Sirio B fuese una estrella considerablemente pequeña, y efectivamente, sabemos hoy en día que su tamaño es apenas el de la Tierra. Su tamaño y su color son las características responsables del nombre que reciben este tipo de astros, el de enanas blancas. Si Sirio B es muchísimo más pequeña que Sirio A, su densidad debe ser considerablemente mayor, y desde las primeras décadas del presente siglo quedó perfectamente establecida la idea de que Sirio B era una estrella extraordinariamente densa.

La peculiar naturaleza de la compañera de Sirio fue ampliamente difundida en libros, revistas y periódicos. Por ejemplo, leemos en *The Nature of the Physical World*, de sir Arthur Stanley Eddington: «Las pruebas astronómicas parecen dejar prácticamente fuera de toda duda que en las estrellas denominadas enanas blancas la densidad material sobrepasa con mucho cualquiera de nuestras experiencias terrestres. Por ejemplo, la densidad de la compañera de Sirio es de alrededor de una tonelada por pulgada cúbica. Tan extraordinario valor se debe a que la elevada temperatura que allí existe genera una intensa agitación de los materiales que la integran y rompe (ioniza) las envolturas electrónicas de sus átomos, de manera que los fragmentos resultantes pueden amontonarse en un espacio mucho más reducido». El libro de Eddington, publicado inicialmente en 1928, conoció diez reimpresiones en lengua inglesa en el breve lapso de un año, y fue traducido de inmediato a otros varios idiomas, entre ellos el francés. La idea de que las enanas blancas estaban compuestas por materia electrónicamente degenerada la postuló R. H. Fowler en 1925, y alcanzaría una inmediata y generalizada aceptación. Por otro lado, y en el

período que media entre 1934 y 1937, el astrofísico hindú S. Chandra-Sekhar, afincado en Gran Bretaña, lanzaba la hipótesis de que las enanas blancas estaban formadas por materia «relativísticamente degenerada». La idea fue recibida con substancial escepticismo por los astrónomos que no se habían formado en el marco de la mecánica cuántica, y uno de los que formuló más ardientes reservas fue el propio Eddington. El debate impregnó la prensa científica de la época y pudo seguirlo toda persona medianamente inteligente y cultivada. Todos estos hechos ocurrían poco antes de que Griaule se topara con la leyenda de los dogones sobre la estrella Sirio.

Veo con los ojos de mi imaginación un visitante galo que a comienzos de este siglo llega a territorio dogon, en lo que por entonces era el África Occidental francesa. Quizá fuese un diplomático, un explorador, un aventurero o un pionero de los estudios antropológicos. Este hipotético viajante —por ejemplo Richard Francis Burton— debía encontrarse en tierras occidentales africanas desde varias décadas antes. La conversación comenzó a girar en torno al tema astronómico. Sirio es la estrella más brillante del cielo. El pueblo dogon obsequió al visitante con su mitología sobre la estrella. Luego, con una educada sonrisa, llenos de expectación, tal vez preguntasen al visitante por su mito sobre Sirio interesándose por la leyenda de un pueblo extranjero sobre tan importante estrella. Y es también muy posible que, antes de responder, el viajero consultase un raído libro que llevaba en su equipaje personal. Dado que por entonces la oscura compañera de Sirio era una sensación astronómica de moda, el viajero intercambió con los dogones un espectacular mito por una explicación rutinaria. Una vez abandonada la tribu, su explicación permaneció viva en el recuerdo, fue reelaborada y, muy posiblemente, incorporada a su manera en el corpus mitológico dogon, o como mínimo en una de sus ramas colaterales (tal vez registrada como «mitos sobre Sirio, relato de los pueblos de piel pálida»). Cuando Marcel Griaule llevó a cabo sus investigaciones mitológicas en las décadas de los 30 y los 40, se encontró anotando una versión reelaborada de su propio mito europeo sobre la estrella Sirio.

Este ciclo completo de reintegración de un determinado mito a su cultura de origen a través de las investigaciones de un antropólogo desprevenido pudiera parecer bastante inverosímil a no ser por los numerosos ejemplos de situaciones similares que se han detectado. Reseñaré aquí unos pocos casos.

En la primera década del siglo actual un antropólogo neófito estaba coleccionando relatos de antiguas tradiciones entre los pobladores nativos del sudoeste del continente americano. Su objetivo era dejar constancia escrita de una serie de tradiciones, casi exclusivamente orales, antes de que se desvanecieran en el olvido de forma definitiva. Los nativos americanos más jóvenes habían perdido buena parte de su vinculación con su herencia cultural, de ahí que el antropólogo en

cuestión concentrara su interés en los miembros más ancianos de la tribu. Cierto día se encontraba sentado a la entrada de una cabaña en compañía de un informador muy avispado y dispuesto a prestar su colaboración a pesar de lo avanzado de su edad.

—Háble me sobre las ceremonias con que sus antepasados celebraban el nacimiento de un niño.

—Un momento, por favor.

El viejo indio se adentró con parsimonia en las oscuras profundidades de la cabaña. Tras un intervalo de un cuarto de hora reapareció con una descripción notablemente útil y detallada de los ceremoniales postpartum, incluyendo rituales relacionados con la ruptura de aguas, el nacimiento en sí, el seccionamiento del cordón umbilical, el primer llanto y la primera inspiración fuera ya del claustro materno. Estimulado por el interesante relato y tomando febriles notas del mismo, el antropólogo fue siguiendo sistemáticamente la lista completa de ritos que jalonaban la vida de todo nativo, pasando por la pubertad, el matrimonio, el parto y la muerte. Ante cada nuevo tema, el informador desaparecía durante unos minutos para volver a salir de su tienda un cuarto de hora después con un amplísimo conjunto de datos y respuestas. El antropólogo estaba asombrado. ¿Quizá, pensaba, habrá dentro alguien de más edad, tal vez enfermo y postrado en cama, a quien consulte? Cuando no pudo resistir por más tiempo la tentación y reunió el suficiente coraje para hacerlo, le preguntó a su informador qué hacía dentro de la cabaña cada vez que entraba. El viejo sonrió, se retiró al interior de la tienda una vez más y el cabo de unos instantes regresó llevando consigo un manoseado volumen del *Dictionary of American Ethnography*, que había compilado un equipo de antropólogos la década anterior. El anciano indio debió pensar, el pobre hombre blanco está ansioso por saber, es bienintencionado e ignora muchísimas cosas. No debe tener una copia de este maravilloso libro que registra todas las tradiciones de mi pueblo. Le contaré cuanto ahí se dice. Mis otras dos historias se refieren a las aventuras de un médico extraordinario, el doctor D. Carleton Gajdusek, quien estudió durante años una rara enfermedad vírica, el kuru, muy extendida entre los pobladores de Nueva Guinea. Sus trabajos en este terreno le valieron el premio Nobel de medicina en 1976. Agradezco al doctor Gajdusek haber aceptado verificar la exactitud de mi recuerdo de las historias que expongo a continuación, que oí por vez primera de sus labios hace ya muchos años. Nueva Guinea es una isla en la que una serie de cadenas montañosas separan entre sí los diversos valles habitados, de forma parecida, aunque más marcada todavía, a como sucedía con las montañas de la antigua Grecia. El resultado de tal geografía es una enorme profusión y variedad de tradiciones culturales.

En la primavera de 1957 Gajdusek y el doctor Vincent Zigas, oficial médico del Servicio de Salud Pública de lo que por entonces se denominaba territorio Papúa y Nueva Guinea, viajaban en compañía de un oficial administrativo australiano desde el

valle Purosa hasta la villa de Agakamatasa siguiendo las cadenas montañosas costeras que delimitan la región meridional, con características culturales y lingüísticas propias y definidas, en una especie de viaje de exploración a «territorios incontrolados». En esta zona seguían en pleno uso enseres y herramientas de piedra y se mantenía la tradición del canibalismo en uno de los pueblos de la zona. Gajdusek y su partida detectaron casos de kuru, enfermedad que se propaga con el canibalismo (aunque por lo general no a través del aparato digestivo), en Agakamatasa, el más meridional de los poblados. Una vez allí decidieron dilapidar algunos días trasladándose a una de las amplias y tradicionales «casas de los hombres», *wa'e* en la lengua de los nativos (señalaré de paso que la música recogida en uno de ellos forma parte del registro fonográfico enviado hacia las estrellas a bordo del *Voyager*). El interior, sin ventanas, bajo de puertas y con el techo ahumado, se hallaba compartimentado de tal modo que los visitantes no podían permanecer de pie ni tumbados. El edificio estaba dividido en varias estancias destinadas a dormir, cada una con un pequeño fuego central a cuyo alrededor hombres y muchachos se apiñaban en grupos para dormir y calentarse durante las frías noches de un territorio situado a más de 1700 metros de altitud. A fin de acomodar a sus visitantes, los nativos desmontaron con muestras de agrado la estructura interna de algo así como la mitad de la casa ceremonial, y durante dos días y sus noches de pertinaz lluvia, Gajdusek y sus compañeros fueron hospedados bajo un techo suficientemente alto y a cubierto de vientos y agua. Los jóvenes iniciados llevaban el pelo totalmente untado con grasa de cerdo y se lo adornaban trenzando en él tiras de corteza de árbol. De su nariz colgaban enormes aros, llevaban penes de cerdo a modo de brazaletes, y alrededor de sus cuellos lucían genitales de zarigüeyas y canguros trepadores.

Los anfitriones entonaron sus canciones tradicionales durante la primera noche y todo el día siguiente, mientras la lluvia caía incesante en el exterior. A cambio, y como dijera Gajdusek, «para estrechar nuestros lazos de amistad, comenzamos nosotros a cantar algunas canciones, entre ellas algunas de origen ruso como “Otchi chornye” y “Moi kostyor v tumane sve-tit”…». Fueron muy bien recibidas, y los pobladores de Agakamatasa solicitaron su repetición varias docenas de veces para acompañar desde su refugio la enérgica tempestad.

Algunos años después Gajdusek se hallaba recopilando músicas indígenas en otro sector de la región meridional y pidió a un grupo de jóvenes que le enseñara su repertorio de canciones tradicionales. Para asombro y solaz de Gajdusek, los nativos entonaron una parcialmente alterada aunque claramente reconocible versión de «Otchi chornye». Muchos de los cantantes parecían creer a pies juntillas que se trataba de una canción tradicional, y tiempo después Gajdusek aún tuvo oportunidad de oír la canción trasplantada a tierras incluso más lejanas, sin que nadie tuviera la menor idea acerca de su procedencia.

Podemos imaginar fácilmente a un equipo mundial de etno-musicólogos llegando a un alejado rincón de Nueva Guinea y descubriendo que los nativos tienen una canción tradicional notablemente similar en ritmo, melodía y palabras a «Otchi chornye». Si partieran del supuesto de que no había existido ningún contacto previo con la civilización occidental, se encontrarían ciertamente ante un notable misterio.

Durante este mismo año, poco después, Gajdusek recibió la visita de varios médicos australianos ansiosos de conocer sus notables descubrimientos sobre la transmisión del kuru a través de la práctica del canibalismo. Gajdusek describió las teorías del origen de buen número de enfermedades características de los habitantes de la región, y señaló que a diferencia de cuanto uno de los pioneros de la antropología, Bronislaw Malinowski, había registrado entre los pueblos costeros de la Melanesia, los guineanos no creían que los causantes de la enfermedad fuesen los espíritus de los muertos o de parientes difuntos malevolentes que, celosos de los aún vivos, infundían enfermedades a los deudos sobrevivientes que les hubieran ofendido. Para los guineanos la mayor parte de las enfermedades eran atribuibles a embrujos maléficos, que todo varón herido y deseoso de venganza, fuese joven o viejo, podía ejecutar sin especial adiestramiento o ayuda de hechiceros. El kuru tenía una explicación específica vinculada a ritos de brujería, y otras tantas existían para dar cuenta, entre otras, de las enfermedades pulmonares crónicas, la lepra o la frambesia. Tales creencias habían sido firmemente establecidas y mantenidas desde tiempos muy pretéritos, pero cuando los nativos comprobaron que la frambesia remitía rápida y completamente con las inyecciones de penicilina administradas por Gajdusek y su grupo, no tuvieron inconveniente en admitir que su explicación del origen maléfico de la enfermedad era errónea y la abandonaron, sin que haya vuelto a resurgir desde entonces. (Por mi parte desearía que los occidentales supiesen abandonar con tal rapidez como lo han hecho los guineanos ideas sociales obsoletas o manifiestamente erróneas). El moderno tratamiento aplicado a la lepra contribuyó a que desapareciera su explicación mágica, aunque más lentamente que en el caso anterior, y hoy en día los nativos se ríen de sus primitivas opiniones sobre la lepra y la frambesia. Sin embargo, sí han pervivido las creencias tradicionales sobre el origen del kuru dada la incapacidad de los occidentales para curarla o explicarles de un modo satisfactorio para ellos el origen y naturaleza de la enfermedad. En consecuencia, los guineanos siguen mostrándose sumamente escépticos ante las explicaciones occidentales sobre el kuru y sostienen con vigor que su causa obedece a prácticas maléficas de brujería.

Uno de los médicos australianos, durante una visita a un poblado próximo acompañado por uno de los informadores nativos de Gajdusek en funciones de traductor, ocupó su tiempo visitando a diversos pacientes afectados de kuru y recabando informaciones del más diverso orden. A su regreso, la misma tarde del día de su excursión, le comunicó a Gajdusek que se había equivocado al pensar que los

nativos no creían en los espíritus de los difuntos como provocadores de enfermedades, y que además también erraba al sostener que habían abandonado la idea de que el origen de la frambesia residía en determinadas prácticas de hechicería. La gente, prosiguió el galeno australiano, sigue manteniendo que un cuerpo sin vida puede tornarse invisible y que el invisible espíritu del difunto puede introducirse durante la noche en la piel de una persona a través de un hueco imperceptible e inocular en ella la frambesia. El nativo que había informado del tema al australiano incluso había esbozado sobre la arena, con ayuda de un palo, la apariencia de tales seres fantasmales. Había dibujado con todo cuidado un círculo y unas pocas líneas ondulantes en su interior. Según explicara, fuera del círculo todo era negro, mientras que en su interior brillaba la luz, un curioso retrato pergeñado sobre la arena de los malévolos y patógenos espíritus.

Tras interrogar sobre el asunto al joven traductor, Gajdusek descubrió que el médico australiano había conversado con gentes a quienes conocía muy bien, algunos de los hombres más ancianos del poblado que se contaban entre los invitados habituales a su casa y su laboratorio. Habían intentado explicarle que el «microbio» responsable de la frambesia era de forma espiral, la forma de espiroqueta que tantas veces habían contemplado a través del microscopio de Gajdusek. Los nativos no podían por menos que admitir que se trataba de algo invisible —únicamente podía contemplarse a través del microscopio—, y cuando se vieron acuciados por el médico australiano acerca de si tales espiras «representaban» de algún modo a seres difuntos, acabaron por admitir que Gajdusek había tenido buen cuidado en insistir sobre la posibilidad de contagio a través de un contacto estrecho con lesiones de este tipo, como por ejemplo durmiendo con alguien que padeciese frambesia.

Recuerdo perfectamente la primera vez que miré a través de un microscopio. Tras haberme situado ante el ocular de un modo en que sólo me era dado ver mis propias pestañas, conseguir luego mirar con todo cuidado y atención dentro del cilíndrico tubo óptico, oscuro como boca de lobo, acabé por fin enfocando adecuadamente mi vista hasta que de repente me deslumbró la visión de un círculo brillantemente iluminado. Pasa todavía un cierto lapso de tiempo antes de que el ojo sea capaz de detectar qué es lo que hay dentro del disco iluminado. La demostración ofrecida por Gajdusek a los guineanos era tan contundente —después de todo, no había ninguna alternativa tan concreta como la realidad— que muchos de ellos aceptaron su explicación, incluso dejando de lado su habilidad para curar a los enfermos con penicilina. No puede descartarse que algunos nativos consideraran las espiroquetas vistas a través del microscopio como un divertido ejemplo de magia recreativa del mítico hombre blanco, de modo que cuando se encontraron ante otro hombre blanco que les interrogaba acerca del origen de la enfermedad, muy educadamente le respondieron de la forma que consideraban podía ser más tranquilizadora para su

nuevo visitante. Una vez cortado todo contacto con el mundo occidental durante unas pocas décadas, puede ser perfectamente plausible que un futuro visitante se quede perplejo creyendo que los nativos de Nueva Guinea tienen algo muy similar a conocimientos de microbiología patológica a pesar de que se mueven en un estadio cultural innegablemente pretecnológico.

Las tres historias que acabo de registrar ponen de manifiesto los casi inevitables problemas que surgen cuando se trata de recoger de boca de un pueblo «primitivo» la tradición cultural atesorada en sus leyendas. ¿Podemos estar seguros de que antes que nosotros no han pasado otros visitantes que han destruido la pureza prístina de los mitos nativos? ¿Hasta qué punto los nativos no se estarán burlando de nosotros o zancadilleándonos? Bronislaw Malinowski creía haber descubierto un pueblo en las islas Trobriand que no se había percatado de la vinculación entre las relaciones sexuales y el nacimiento de sus hijos. Cuando demandó sobre la forma en que creían podía producirse la concepción de sus niños, le respondieron con un elaborado relato mítico en el que jugaba un papel preeminente la intervención celestial. Atónito, Malinowski señaló que no era realmente así como sucedían las cosas y pasó a relatarles del modo más simple posible la cuestión, incluyendo, claro está, la especificación de los nueves meses de duración del período gestatorio. «Imposible», le replicaron los melanesios. «¿Ve usted esta mujer que lleva en brazos a su hijo de seis meses? Pues bien, su marido hace dos años que está de viaje en otra isla». ¿Qué parece más plausible, que los habitantes de la Melanesia ignorasen el origen de los niños o que recriminasen al antropólogo con no escasa elegancia su extraña pregunta? Si un extranjero de aspecto peculiar se me acerca en mi propia ciudad y me pregunta de dónde vienen los niños, me sentiré indudablemente tentado a hablarle de cigüeñas, de calabazas o de París. Aunque la gente se encuentre en un ámbito social precientífico, su comportamiento personal no difiere demasiado del nuestro, y considerados como individuos son tan inteligentes como podamos serlo cualquiera de nosotros. La investigación antropológica de campo no siempre es fácil, pues no lo es someter a un cuestionario a individuos pertenecientes a otra cultura.

Me pregunto si los dogones, tras haber escuchado de labios de un occidental un extraordinario relato mítico sobre la estrella Sirio —estrella ya importante dentro de su propia mitología—, no tuvieron el más exquisito cuidado en retransmitírsela al antropólogo francés tal como se la oyeron a un hombre blanco. ¿Acaso no es esto mucho más probable y verosímil que la visita de extraterrestres al antiguo Egipto, que la conservación durante milenios, y sólo en África occidental, de una serie de conocimientos científicos en abierta contradicción con el sentido común?

Son demasiadas las explicaciones alternativas para el mito de Sirio como para que podamos considerarlo como prueba fehaciente de contactos extraterrestres en el pasado. Si los extraterrestres existen, estoy seguro de que los mejores medios de

detección serán sin duda alguna los ingenios espaciales no tripulados y los radiotelescopios de largo alcance.

CAPÍTULO 7

VENUS Y EL DOCTOR VELIKOVSKY

Cuando consideramos el movimiento de los cometas y reflexionamos sobre las leyes gravitatorias, nos percatamos de inmediato de que su aproximación a la Tierra puede desencadenar acontecimientos calamitosos equiparables al diluvio universal, sepultar nuestro planeta en una lluvia de fuego, romperlo en mil pedazos o, como mínimo, alejarlo de su órbita, de su Luna, o, todavía peor, convertirlo en un satélite de Saturno, con lo que se cerniría sobre nosotros un invierno de siglos que haría imposible la vida a hombres y animales. Y tampoco debe pasarse por alto la importancia de las colas de los cometas si en su trayectoria las dejan total o parcialmente en el seno de nuestra atmósfera.

J. H. LAMBERT,
Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues (1761)

Por peligroso que pueda ser el impacto de un cometa, sería tan ligero e insignificante que sólo provocaría daños en la parte de nuestro planeta en la que cayera. Incluso podría quedar en paz nuestra conciencia si a cambio de la devastación de un reino el resto de la Tierra pudiera disfrutar de las curiosidades que albergase en su seno un cuerpo celeste llegado desde tan lejos. Quizá nos llevásemos la enorme sorpresa de constatar que los restos de estas masas hasta ahora menospreciadas estaban constituidos por oro y diamantes. Aunque, ¿quién quedaría más asombrado, nosotros o los habitantes de los cometas arrojados sobre nuestro planeta? ¡Cuán extraños nos encontraríamos unos a otros!

MAUPERTUIS,
Lettre sur la comete (1752)

LOS CIENTÍFICOS, como cualquier otro ser humano, tienen sus esperanzas, sus pasiones, sus momentos de desánimo, y a veces las emociones sentidas con intensidad pueden dar al traste con la práctica más cabal y el pensamiento más clarividente. Sin embargo, una de las virtudes de la ciencia es su capacidad para autoenmendarse. Sus conclusiones y axiomas más fundamentales pueden ser sometidos a prueba, las hipótesis genéricamente aceptadas deben ser contrastadas con observaciones empíricas, y por ende carecen de todo sentido las apelaciones a cualquier principio de autoridad. En toda argumentación razonada los distintos pasos han de ser comprendidos por todo aquel que se lo proponga y los experimentos deben ser siempre susceptibles de reproducción.

La historia de la ciencia está llena de casos en los que teorías e hipótesis previamente aceptadas han sido objeto de un rechazo generalizado al ver la luz nuevas ideas que conseguían explicar de forma más adecuada los datos experimentales. Aunque existe una inercia psicológica perfectamente comprensible —cuyo lastre se hace sentir por lo general durante el lapso de una generación—, las

revoluciones en el terreno del pensamiento científico suelen considerarse y aceptarse como un elemento necesario y deseable para el progreso de la ciencia. En realidad, toda crítica razonada a una determinada creencia no es más que un servicio a sus propios veladores, y si se muestran incapaces de rebatirla harán bien en abandonar sus tesis. Este aspecto del método científico, la capacidad que posee para plantearse interrogantes y corregir sus propios errores, constituye su propiedad más sobresaliente, al tiempo que diferencia a la ciencia de la mayor parte de las demás actividades y empresas humanas, donde la credulidad se erige como norma.

La idea de que la ciencia más que un conjunto de conocimientos es un determinado método no se aprecia en su exacto valor fuera del campo científico, e incluso tampoco entre algunos de sus estamentos. De ahí que yo y algunos de mis colegas de la Asociación Americana para el Progreso Científico (AAAS) hayamos defendido la necesidad de establecer con regularidad una serie de debates en las reuniones anuales que celebra dicha asociación sobre aquellos aspectos pseudocientíficos que hayan gozado de un mayor interés público. El objetivo que se persigue no es zanjar la disputa sobre determinado tema de una vez por todas, sino más bien ilustrar en la práctica el proceso que debe articular toda polémica razonada, mostrar el modo en que los científicos abordan un problema que no se presta a pruebas experimentales bien definidas, presenta caracteres de heterodoxia en razón de su naturaleza interdisciplinaria o suele ser objeto de discusiones apasionadas y emocionales.

La crítica a fondo de las nuevas ideas es una tarea usual de la ciencia. Aunque el estilo de la crítica puede variar en razón del carácter de quien la efectúa, parece indudable que todo análisis crítico excesivamente cortés no reporta el menor beneficio ni a los defensores de nuevas ideas ni a la empresa científica en su conjunto. Debe estimularse toda objeción importante, y los únicos argumentos excluidos de la polémica son los ataques ad hominem sobre la personalidad del oponente o los motivos que impulsan su trabajo. No interesan nada las razones que impulsan a alguien a lanzar sus ideas ni las que abrigan sus detractores para criticarlas; lo único que interesa es determinar si las ideas son ciertas o erróneas, prometedoras o regresivas.

Como ejemplo, he aquí el informe presentado por un dictaminador cualificado sobre un artículo enviado a la revista científica *Icarus* para su publicación: «En mi opinión el artículo es absolutamente inaceptable para su publicación en *Icarus*. No se fundamenta en ninguna investigación científica sólida, y en el mejor de los supuestos no se trata más que de especulaciones incompetentes. El autor no enuncia explícitamente sus hipótesis; las conclusiones son ambiguas y sin fundamento; no toma en su cuenta otros trabajos relacionados con el tema; tablas y figuras carecen de la imprescindible claridad; es indudable que el autor del artículo no posee la menor

familiaridad con la literatura científica fundamental…». Acto seguido, el crítico procedía a justificar sus observaciones de un modo detallado. Se trata de un tipo de informe poco frecuente, aunque no insólito. Como resultado, el artículo fue rechazado. Por lo general, se considera que estos casos constituyen a un mismo tiempo una bendición para la ciencia y un favor hecho al autor del trabajo. La mayoría de los científicos están acostumbrados a recibir dictámenes críticos, que suelen ser indulgentes, cada vez que presentan un artículo a una publicación especializada. Por lo general, las críticas suelen constituir una franca ayuda, y lo más usual es que una vez tomadas en cuenta las críticas y efectuadas las correspondientes revisiones el trabajo acabe siendo publicado. A modo de nuevo ejemplo sobre una crítica sin ambages en el terreno de la literatura científica, el lector interesado puede consultar el trabajo de J. Meeus «Comments on The Jupiter effect» (1975)[5] y la crítica sobre el mismo aparecida en Icarus.

Las críticas rigurosas son más constructivas en el terreno científico que en ninguna otra área de la actividad humana, pues en el caso de la ciencia existen unos patrones estándar de validación aceptados por los profesionales competentes de todo el mundo. El objetivo de la crítica no es eliminar nuevas ideas, sino antes bien estimular su aparición y consolidación. Quienes superen con éxito una investigación escéptica a fondo tienen enormes probabilidades de estar en lo cierto, o como mínimo de haber planteado propuestas útiles.

La obra de Immanuel Velikovsky ha conseguido desatar una conmoción entre los miembros de la comunidad científica, muy especialmente a raíz de la publicación de su primer libro, *Worlds in Collision*, aparecido en 1950. No pocos científicos se sintieron molestos ante la comparación que establecieran los escritores neoyorquinos y uno de los editores de la Harper's entre Velikovsky y figuras de la talla de Einstein, Newton, Darwin o Freud, pero su resentimiento se fundamentaba más en la fragilidad de la naturaleza humana que en juicios propiamente científicos. Por lo demás, los científicos no dejan de ser ante todo hombres con las mismas debilidades que todo el mundo. Otros se mostraron consternados por el recurso a textos indios, chinos, aztecas, sirios o bíblicos para fundamentar puntos de vista extremadamente heterodoxos en el terreno de la mecánica celeste. No obstante, sospecho que la razón es que pocos son los físicos y especialistas en mecánica celeste con conocimientos medianamente fluidos en tales lenguas o con cierta familiaridad con tales textos.

Mi opinión es que no puede tomarse como excusa válida para menospreciar ideas nuevas el grado de heterodoxia del proceso de razonamiento o la dificultad de digerir sus conclusiones, y mucho menos entre científicos. En consecuencia, me alegró sobremanera que la AAAS decidiera organizar una discusión sobre *Worlds in Collision* en la que tomó parte el propio Velikovsky.

Mientras leía las críticas suscitadas por la obra de Velikovsky, me sorprendió constatar su escasez y cuán raramente se enfocaban en ellas los puntos nucleares de las tesis del autor criticado. De hecho, ni críticos ni veladores de Velikovsky parecen haberle leído atentamente, e incluso tengo la impresión de que en ciertos casos el propio Velikovsky no se ha leído a sí mismo con todo detenimiento. Quizá la publicación de la mayor parte de lo discutido en el simposio de la AAAS (Goldsmith, 1977) y estas páginas, cuyas principales conclusiones ya presenté en el mencionado simposio, ayuden a clarificar el estado de la cuestión.

En este escrito mi objetivo es analizar críticamente las tesis expuestas en *Worlds in Collision* y enfocar el problema tanto desde el punto de vista mantenido por Velikovsky como desde el mío propio, es decir, no perder de vista en ningún momento los escritos antiguos que constituyen el núcleo de su argumentación y, al mismo tiempo, contrastar sus conclusiones con los hechos y la lógica a mi disposición.

La principal tesis sustentada por Velikovsky es que los principales acontecimientos de la historia de la Tierra y la de otros planetas del sistema solar se han producido en un contexto catastrofista. Catastrofismo es un caprichoso término acuñado por los geólogos para designar una de las posturas dentro de una importante disputa mantenida en la infancia de su ciencia y que aparentemente culminaría entre 1785 y 1830 con los trabajos de James Hutton y Charles Lyell, partidarios de una concepción opuesta, la que suele denominarse uniformitarismo. Ambos términos y la práctica misma de sus respectivos veladores evocan familiares antecedentes teológicos. Un uniformitarista sostiene que la conformación material de nuestro planeta deriva de procesos cuya operatividad aún podemos detectar en nuestros días, si bien no debe olvidarse que su acción tiene lugar a través de períodos temporales de inmensa duración. Por su parte, un catastrofista sostendrá que los cambios se han producido a través de un pequeño número de cataclismos de inusitada violencia y de duración temporal comparativamente muy breve. El catastrofismo subyace en el pensamiento de aquellos geólogos que aceptan una interpretación literal del libro del Génesis, y en particular el relato del diluvio universal.

Evidentemente no tiene el menor valor argumentar contra el punto de vista catastrofista alegando que en tiempos históricos no ha sido posible detectar ninguna catástrofe de gran magnitud. La hipótesis catastrofista sólo precisa para sustentarse de unos pocos eventos extraordinarios. No obstante, si podemos demostrar la necesidad de que transcurran determinados períodos de tiempo para que procesos en marcha que todos podemos observar hoy en día culminen en determinadas transformaciones geológicas quedará, como mínimo, obviada la necesidad de postular hipótesis catastrofistas. Es evidente, por lo demás, que en la historia de nuestro planeta pueden haber acaecido tanto procesos uniformitaristas como catastrofistas, y casi parece

indudable que así ha sido en realidad.

Velikovsky sostiene que en la historia relativamente reciente de nuestro planeta han tenido lugar una serie de catástrofes celestes en forma de colisiones de cometas y planetas, pequeños y no tan pequeños. La posibilidad de colisiones cósmicas nada tiene de absurda, y en tiempos pasados los astrónomos no tuvieron el menor inconveniente en invocarlas para explicar una serie de fenómenos naturales. Por ejemplo, Spitzer y Baade (1951) lanzaron la hipótesis de que los manantiales extra-galácticos de ondas de radio pueden haber tenido su origen en colisiones entre galaxias que encerrasen centenares de miles de millones de estrellas. Esta tesis ha sido abandonada más tarde, no porque carezca de sentido pensar en colisiones cósmicas, sino porque la frecuencia y características de las mismas no concuerda con nuestros conocimientos actuales sobre las fuentes de ondas de radio. Una teoría sobre el manantial energético de los quasars que aún goza de popularidad es la que lo contempla como resultado de colisiones estelares múltiples producidas en el centro de las galaxias, donde en todo caso los eventos catastróficos deben ser completamente normales.

Colisiones y catastrofismo forman parte de la astronomía moderna, y así ha sido desde hace ya algunos siglos (véanse los epígrafes con que se abre el presente escrito). Por ejemplo, en las primeras fases históricas de nuestro sistema solar, cuando albergaba con toda probabilidad muchos más cuerpos celestes de los que acoge en la actualidad —entre los que se incluían muchos con órbitas sumamente excéntricas—, debieron menudear las colisiones. Lecar y Franklin (1973) han investigado cientos de colisiones acaecidas en un período de unos pocos milenios a comienzos de la creación del cinturón de asteroides con objeto de interpretar la configuración actual de esta región de nuestro sistema solar. Harold Urey (1973), en su artículo «Cometary collisions and geological periods», analiza las consecuencias que traería consigo la colisión de la Tierra con un cometa de una masa de alrededor de 10^{18} gramos, entre ellas la producción de terremotos y la elevación de la temperatura de los océanos. Los sucesos de Tunguska de 1908, en que quedó como la palma de la mano un bosque siberiano, suelen atribuirse a la caída en dicha zona de un pequeño cometa. Los cráteres que tachonan las superficies de Mercurio, Marte, Fobos, Deimos y la Luna son elocuentes testimonios de la existencia de abundantísimas colisiones a lo largo de la historia del sistema solar. Por tanto, nada hay de heterodoxo en la idea de las catástrofes cósmicas, y se trata de un punto de vista genéricamente aceptado en el ámbito de la física del sistema solar, como mínimo desde finales del siglo pasado, época a la que se remontan los estudios sobre la superficie lunar de G. K. Gilbert, el primer director del Instituto Geológico Norteamericano.

Por tanto, ¿a qué viene tanto revuelo? Pues los puntos en litigio son la escala

temporal de tales colisiones y las pruebas experimentales aportadas. En los 4600 millones de años de historia de nuestro sistema solar se han producido con seguridad innumerables colisiones. Pero, ¿ha existido alguna de gran importancia en los últimos 3500 años? ¿Puede demostrarnos su existencia el estudio de escritos antiguos? He aquí el meollo del asunto.

Velikovsky ha prestado atención a una amplísima gama de historias y leyendas atesoradas por distintos pueblos, muy distantes entre sí, historias que muestran notables similitudes y concordancias. No soy ningún experto en cultura o lengua de ninguno de esos pueblos, pero me siento aturdido por la concatenación de leyendas acumulada por Velikovsky. Indudablemente algunos expertos en culturas antiguas se han mostrado mucho menos impresionados. Recuerdo, por ejemplo, una discusión sobre *Worlds in Collision* mantenida con un distinguido Profesor de semíticas de una afamada universidad. Más o menos vino a señalarme lo siguiente: «desde luego, los aspectos y erudición asiriológica, egiptológica y bíblica, así como los referentes a tradición talmúdica y midrásica, son auténticas necedades, pero me he sentido vivamente impresionado por las cuestiones astronómicas». Pues bien, mi punto de vista es precisamente el opuesto. Sin embargo, no quisiera desviarme de mi propósito a través de influencias ajenas. Mi punto de vista personal es que sólo con que fuesen reales el 20% de las concordancias legendarias que presenta Velikovsky, ya habría algo importante necesitado de una explicación. Además, la historia de la arqueología nos presenta una impresionante colección de casos —desde los trabajos de Heinrich Schliemann en Troya a los de Yigael Yadin en Masada— en que se han visto confirmadas por los hechos diversas descripciones fijadas en textos antiguos.

Pues bien, ¿cómo debe interpretarse el hecho de que una amplia gama de culturas independientes entre sí hayan elaborado lo que indudablemente debe considerarse como una misma leyenda? Las posibilidades parecen ser cuatro, a saber, observación común, difusión, conexión mental o mera coincidencia. Examinemos cada una de ellas.

Observación común: Una posible explicación es que todas las culturas en cuestión presenciaran un mismo acontecimiento y lo interpretaran de modo idéntico. Por descontado, la interpretación de qué fue en realidad este evento común no tiene por qué ser única.

Difusión: Una leyenda creada en el seno de una determinada cultura se difunde gradualmente a otros ámbitos culturales, con algunas modificaciones de poca monta, gracias a frecuentes e importantes migraciones humanas. Un ejemplo trivial de este proceso es la introducción en América de la leyenda de Santa Claus, cuyo origen es la leyenda europea sobre San Nicolás (Claus es un diminutivo alemán de Nicolás), el santo patrón de los niños, y que, en última instancia, deriva de una tradición

precristiana.

Conexión mental: A esta hipótesis se la designa a veces como memoria racial o inconsciente colectivo. Según la misma, existen ciertas ideas, arquetipos, figuras legendarias e historias impresas en el ser humano desde el momento mismo de su nacimiento, quizá de modo similar a como un babuino recién nacido ya siente temor ante las serpientes o un pájaro al que se hace crecer aislado de sus congéneres no por eso ignora las técnicas de construcción de nidos. Evidentemente, si una historia legendaria deriva de la observación o la difusión combinadas con la «conexión mental», tiene muchas más probabilidades de pervivir culturalmente.

Coincidencia: Por mero azar dos leyendas elaboradas independientemente pueden encerrar un contenido similar. En la práctica, tal hipótesis se diluye en la de la conexión mental.

Si deseamos examinar críticamente una serie de aparentes concordancias, ante todo debemos tomar una serie de precauciones obvias. ¿Las historias consideradas exponen en realidad lo mismo y, si así es, lo hacen recurriendo a idénticos elementos esenciales? Suponiendo que interpretemos debidamente una serie de observaciones comunes, ¿puede asegurarse que daten de la misma época? ¿Puede excluirse con toda seguridad la posibilidad de contacto físico entre representantes de diferentes culturas, tanto en la época en discusión como en un momento ulterior? Velikovsky se inclina claramente por la hipótesis de la observación común, al tiempo que parece descartar con exagerado simplismo la hipótesis de la difusión. Por ejemplo, dice Velikovsky en la página 303:[6] «¿Cómo es posible que temas folklóricos insólitos lleguen hasta islas lejanas cuyos aborígenes carecen de medios para cruzar los mares?». No sé bien a qué islas y aborígenes se está refiriendo Velikovsky en este párrafo, pero es obvio que los habitantes de cualquier isla deben haber llegado a ella de algún modo. No creo que Velikovsky crea en una creación distinta y diferenciada para, por poner un ejemplo, las islas Gilbert y las islas Ellice. En los casos de Polinesia y Melanesia disponemos actualmente de pruebas irrefutables sobre la realización de abundantes viajes por mar durante el último milenio en los que se atravesaban distancias de incluso varios miles de kilómetros, y muy probablemente tales travesías también hayan tenido lugar en épocas anteriores (Dodd, 1972).

Otro ejemplo. ¿Cómo puede explicar Velikovsky que la palabra tolteca para designar a «dios» haya sido teo, y así nos lo certifica Teotihuacán («Ciudad de los dioses»), cerca de la actual Ciudad de México, donde la ciudad sagrada es conocida por San Juan Teotihuacán? No hay ningún suceso celestial común que pueda explicar de un modo aceptable tal coincidencia. El tolteca y el náhuatl no son lenguas indoeuropeas, y parece altamente improbable que la palabra que designe a «dios» se halle impresa en todo cerebro humano. Y sin embargo teo tiene una indudable raíz

común con otros términos indoeuropeos relacionados con el concepto «dios», y conservados en palabras tales como «deidad» o «teología». Las hipótesis preferibles en el presente caso son las de coincidencia o difusión. Parecen existir ciertas pruebas de contactos precolombinos entre el Viejo y el Nuevo Mundos. Con todo, no por ello puede descartarse alegremente la hipótesis de la coincidencia. Si comparamos dos lenguas, cada una de ellas con decenas de miles de palabras, habladas por seres humanos con la lengua, los dientes y la laringe idénticas, nada tiene de sorprendente que unas pocas palabras sean casualmente idénticas. Pues bien, creo que todas las coincidencias que expone Velikovsky pueden ser explicadas de forma similar a las que acabo de reseñar.

Tomemos un ejemplo del método que emplea Velikovsky para enfocar tales problemas. Señala que ciertas historias muy similares, directa o vagamente conectadas con eventos celestiales, encierran referencias a una bruja, un ratón, un escorpión o un dragón (págs. 77, 264, 305, 306, 310). Y he aquí su explicación: en el momento mismo en que algunos cometas pasaron muy cerca de nuestro planeta, se vieron desfigurados por fenómenos gravitatorios o eléctricos hasta el punto de adoptar la forma de una bruja, un ratón, un escorpión o un dragón, formas clara e indudablemente interpretadas como correspondientes a un mismo animal por pueblos culturalmente aislados y de características muy diferentes entre sí. Aun dando por buena la hipótesis de que ciertos cometas se aproximen enormemente a la Tierra, no existe la menor prueba que nos incline a creer que formas tan precisas como, por ejemplo, la de una mujer montada en una escoba voladora y tocada con un sombrero cónico puedan haberse generado de este modo. La experiencia que poseemos del Rorschach y otros tests psicológicos proyectivos de tipo similar nos indica que individuos distintos ven la misma imagen no representativa de modos diferentes. Pero Velikovsky aún va más lejos, y cree que la aproximación a la Tierra de una «estrella» que identifica con Marte produce tal transfiguración en el perfil externo del planeta que acaba adoptando (pág. 264) indiscutible aspecto de leones, chacales, perros, cerdos y peces; en su opinión, así se explica el culto a los animales mantenido por los egipcios. No se trata de un razonamiento que nos capte por su solidez, y poco más o menos nos sería igualmente plausible admitir que dos mil años antes de Cristo toda esta colección zoológica era capaz de volar por su cuenta y de ahí que se la pudiese contemplar en los cielos. Una hipótesis mucho más respetable es la de la difusión. Por lo demás, y dentro de otro contexto, he dedicado buena parte de mi tiempo a estudiar las leyendas sobre dragones elaboradas por distintos pueblos de nuestro planeta, y me impresionó ver cuán diferentes pueden llegar a ser estas bestias míticas a pesar de que a todas las denominen dragones los escritores occidentales.

También a modo de ejemplo, consideremos la argumentación desarrollada en la segunda parte del capítulo 8 de *Worlds in Collision*. Velikovsky sostiene la existencia

de una tendencia generalizada dentro de las culturas antiguas a creer que el año tenía 360 días, el mes 36 días y, por tanto, el año diez meses. Velikovsky no ofrece ninguna justificación física del caso, aunque sí señala que el conocimiento de su oficio que tenían los astrónomos de la antigüedad difícilmente podía conducirles a pasar por alto o equivocarse en cinco días por año o 6 cada lunación. Pronto la noche se mostraría brillante mientras la astronomía oficial consideraba que corría una fase de luna nueva, comenzarían a caer nevadas en el mes de julio y los astrólogos iban a pasar más hambre que un maestro de escuela. Por lo demás, tras la experiencia de un trato frecuente con astrónomos contemporáneos, no comparto con Velikovsky su creencia en la infalible precisión de los cómputos elaborados por sus lejanos antecesores. Velikovsky sugiere que estas aberrantes convenciones acerca del calendario reflejan verdaderos cambios en la duración de los días, meses y/o años, al tiempo que constituyen claras pruebas de la aproximación al sistema Tierra-Luna de cometas, planetas u otros visitantes celestes.

Existe otra explicación mucho más plausible, la que toma en cuenta como punto de partida que no existe un número exacto de lunaciones dentro de un año solar ni un número exacto de días en una lunación. Tales inconmensurabilidades deben haber incomodado a toda cultura con conocimientos aritméticos pero aún no familiarizada con los problemas de los grandes números y los números fraccionarios. Incluso hoy en día siguen considerando como estorbos tales inconmensurabilidades las gentes de religión musulmana y judía cuando constatan que tanto el ramadán como la pascua judía se presentan en fechas del calendario solar que varían de año en año. En los asuntos humanos existe un claro chauvinismo en favor de los números enteros, fácilmente discernible al hablar de aritmética con los niños. Por tanto, suponiendo su existencia, creo que las irregularidades del calendario quedan mucho más plausiblemente explicadas por esta vía.

Trescientos sesenta días por año es una convención (temporal) obvia para civilizaciones con una aritmética de base 60, tal como era el caso de las culturas sumeria, acadia, asiria y babilónica. Por otro lado, treinta días por mes o diez meses al año pueden resultar convenciones muy atractivas para los entusiastas de una aritmética de base decimal. Me pregunto si más que con una colisión entre Marte y la Tierra no estaremos habiéndonoslas con un eco del enfrentamiento entre los defensores de una aritmética de base 60 y los veladores de una aritmética de base 10. Si bien es indudable que durante la antigüedad el gremio de los astrólogos pudo llegar a sentirse dramáticamente agotado al ver la celeridad con que quedaba desacompasado cualquiera de los calendarios que construyeran, pero eran gajes del oficio, y a cambio permitía eliminar la angustia mental derivada del manejo de las fracciones. Así pues, de hecho, la piedra angular sobre la que se apoya todo este asunto parecen ser las deficiencias inherentes a un pensamiento cuantitativo

embrionario.

Un experto en cómputo del tiempo durante la antigüedad (Leach, 1957) señala que en las culturas antiguas los ocho o diez meses del año tenían un nombre, pero que los restantes, dada su falta de importancia económica en el marco de una sociedad agrícola, no lo tenían. Diciembre, palabra derivada del latín decem, significa el décimo mes, no el duodécimo. (Septiembre el séptimo, octubre el octavo y noviembre el noveno, por idénticas razones). En los pueblos que se hallan en una fase precientífica de su desarrollo no suelen contarse los días del año por estar muy poco habituados al manejo de grandes cifras, de ahí que el punto de referencia con que se rigen suelan ser los meses. Uno de los más grandes historiadores de la ciencia y la matemática antiguas, Otto Neugebauer (1957), señala que, tanto en Mesopotamia como en Egipto, estuvieron simultáneamente en uso dos calendarios diferenciados y mutuamente excluyentes. Por un lado, un calendario civil cuya función primordial era satisfacer las necesidades de cómputo, por otro, un calendario agrícola, por lo general avanzado con respecto al anterior y de difícil manejo, aunque mucho más ajustado a las realidades estacionales y astronómicas. Muchas culturas de la antigüedad resolvieron el problema de la duplicidad de calendarios limitándose a añadir cinco días festivos al final de cada anualidad. Se me hace difícil admitir que la existencia de años de 360 días entre pueblos en estadio precientífico pueda ser una prueba irrefutable de que por entonces para completar su revolución en torno al Sol la Tierra empleaba 360 días en lugar de los 365 que detectamos actualmente.

En principio, una forma de resolver la discrepancia es examinar el crecimiento de los anillos de coral, pues sabemos actualmente que marcan con notable regularidad el número de días por mes (sólo en los corales intermareales) y por año. En tiempos históricos ya recientes no parecen haber existido disquisiciones de importancia acerca del número de días de una lunación o de una anualidad, y el gradual acortamiento (no prolongación) de días y meses con respecto al año a medida que transcurre el tiempo viene siendo considerado desde tiempo atrás acorde con los postulados de la teoría de las mareas y la conservación de la energía y el momento angular en el sistema físico Tierra-Luna, sin que se apele a comentarios complementarios o a cualquier otra intervención exógena.

Otro problema que plantea el método de Velikovsky es la sospecha de que teorías vagamente similares entre sí pueden estar refiriéndose a períodos completamente diferentes. En su *Worlds in Collision* ignora casi por completo el tema del sincronismo entre leyendas distintas, aunque Velikovsky lo tratara en alguno de sus trabajos ulteriores. Por ejemplo, Velikovsky señala (p. 31) que los escritos sagrados occidentales y los hindúes comparten la idea de cuatro edades antiguas culminadas en una catástrofe cósmica. Sin embargo, tanto en el *Hagavad Gita* como en los Vedas encontramos grandes divergencias en cuanto al número de tal tipo de edades

acaecidas, llegando incluso a sostenerse que se han sucedido un número infinito de estas. Más aún, en estos textos orientales se especula el tiempo transcurrido entre las más espectaculares catástrofes (por ejemplo, Campbell 1974), cifrándose en miles de millones de años. Tales apreciaciones no casan en lo más mínimo con la cronología de Velikovsky, quien supone períodos intermedios de centenares o miles de años, es decir, que su hipótesis y las fechas que aporta para sustentarla difieren en un factor del orden de millones. Por otra parte, Velikovsky señala (p. 91) que las tradiciones bíblica, mexicana y griega comparten discusiones vagamente similares sobre vulcanismo y las corrientes de lava. No hay el menor intento de demostrar que tales fenómenos geológicos hayan tenido lugar en épocas ni siquiera relativamente próximas entre sí, y aunque en las tres áreas citadas se han producido erupciones de lava en época histórica, no hay la menor necesidad de recurrir a una causa exógena común para darles cumplida explicación.

A pesar del copioso número de fuentes de referencia citadas, creo que la argumentación de Velikovsky encierra un amplio número de presupuestos acríticos y no demostrados. Permítaseme mencionar algunos pocos. En el texto se recoge una idea muy interesante, a saber, que toda referencia mitológica hecha por cualquier pueblo a propósito de cualquier dios vinculado con un cuerpo celeste representa, de hecho, una observación astronómica directa del mismo. Se trata de una hipótesis atrevida, aunque no sé cómo, aceptándola, pueda llegar a explicarse, por ejemplo, que Júpiter se le apareciese en forma de cisne a Leda mientras que ante Danae optara por convertirse en una lluvia de oro. En la página 247 recurre a la hipótesis identificadora entre dioses y planetas para establecer la cronología de Homero. Sea como fuere, Velikovsky toma las palabras de Homero y Hesíodo al pie de la letra cuando relatan el nacimiento de Atenea de la cabeza del padre Júpiter, con lo cual acepta la hipótesis de que el cuerpo celeste asociado a Atenea fue expulsado por el planeta Júpiter. Pero, ¿cuál es el cuerpo celeste asociado a Atenea? Una y otra vez se le identifica con el planeta Venus (Cap. 9 de la Primera parte y otros varios lugares de la obra). Leyendo la obra de Velikovsky es difícil que nadie llegase a la conclusión de que los griegos acostumbraban identificar a Afrodita con Venus, mientras que a Atenea no solía asociársele ningún cuerpo celeste. Más aún, Atenea y Afrodita eran diosas «contemporáneas», nacidas ambas mientras Zeus reinaba sobre todos los dioses. Pues bien, en la página 251, Velikovsky señala que Luciano «no se percató de que Atenea es la diosa del planeta Venus». El pobre Luciano parece mantener la muy errónea opinión de que la diosa del planeta Venus es Afrodita. Sin embargo, en la nota que aparece en la página 361 Velikovsky comete por primera y única vez a lo largo del libro el desliz de utilizar la forma «Venus (Afrodita)». En la página 247 se nos habla de Afrodita como diosa de la Luna. Pero entonces, ¿quién era Artemisa (o Selene, de acuerdo con una denominación aún más antigua), la hermana del Apolo solar? De

acuerdo con mis conocimientos sobre el tema, no niego que puedan existir buenas razones que justifiquen la identificación de Atenea con Venus, pero es indudable que la misma no ocupa un lugar de preeminencia en el corpus de conocimiento actual ni en el que imperaba un par de milenios atrás, necesidad por lo demás imprescindible para que se mantenga en pie el hilo argumental sostenido por Velikovsky. Detectar una identificación celestial de Atenea comentada tan a la ligera no contribuye precisamente a incrementar nuestra confianza ante las observaciones que se adjuntan acerca de otros mitos astrales mucho menos familiares en nuestra civilización.

Hay otras varias observaciones de Velikovsky sobre las que nos ofrece justificaciones en extremo inadecuadas a pesar de su primordial importancia para uno o más de los temas en que centra su obra. Por ejemplo, en la página 283 sostiene que «al penetrar en la atmósfera terrestre, los meteoritos producen un tremendo estrépito», cuando todas las observaciones señalan que lo hacen de forma completamente silenciosa; en la página 114 sostiene que «cuando un rayo alcanza a un imán invierte su polaridad»; en la página 51 traduce «Barad» como meteoritos; en la página 85 sostiene que «como es bien sabido, Palas es otro de los nombres asignado a Tifón». En la página 179 Velikovsky señala que cuando los nombres de dos dioses se unifican en uno solo mediante el uso de un guión, se quiere dar a entender la asignación de un atributo preciso del cuerpo celestial involucrado en el binomio. Por ejemplo, Velikovsky interpreta Ashteroth-Karnaim, una Venus astada, como un planeta Venus en fase creciente, prueba de que en tiempos pretéritos Venus se hallaba tan próximo a nuestro globo como para que sus fases fuesen discernibles a simple vista. Pero de ser cierto el principio relacional apuntado, ¿cómo debe interpretarse, por ejemplo, el binomio sagrado Amón-Ra? ¿Acaso debe entenderse que los egipcios veían el sol (Ra) como un carnero (Amón)?

En la página 63 se señala que, cuando en la Biblia se habla de la muerte de los «primogénitos» de Egipto a causa de la décima plaga del Éxodo, debe entenderse en realidad que los condenados a muerte son los «elegidos». Se trata de un punto bastante importante, y nos permite inferir que cuando la Biblia entra en contradicción con las hipótesis de Velikovsky éste adopta la decisión de retraducirla de acuerdo con sus intereses. Todos los interrogantes planteados precedentemente tienen respuestas bastante simples, aunque es inútil buscarlas en *Worlds in Collision*.

No pretendo sugerir que todas las concordancias legendarias derivadas de tradiciones antiguas que nos plantea Velikovsky presenten fallas similares, aunque sí buen número de ellas, y en todo caso las que se ven libres de ellas muy bien pueden tener otro tipo alternativo de explicación, por ejemplo la difusión de tradiciones de uno a otro pueblo o civilización.

Ante un análisis de leyendas y mitos de perfiles tan borrosos como los apuntados, toda evidencia corroboradora procedente de otros ámbitos sería gozosamente recibida

por los defensores de las argumentaciones de Velikovsky. Me sorprende la ausencia de toda prueba confirmadora procedente del mundo del arte. Desde unos 10 000 años antes de nuestra era, como mínimo, la humanidad ha ido produciendo una amplísima gama de pinturas, bajorrelieves, sellos cilíndricos y muchos otros tipos de objetos de arte. En ellos se hallan representados todo tipo de temas importantes dentro de las culturas que los han creado, de modo muy particular los de orden mitológico. En tales obras de arte no es raro que se recojan representaciones diversas de eventos astronómicos. Recientemente (Brandt et al., 1974) se han descubierto representaciones pictóricas primitivas en cavernas situadas en el sudoeste americano que aportan pruebas irrefutables de que quedó registro explícito de la aparición en los cielos de la supernova del Cangrejo en el año 1054, suceso del que también se guarda noticia en los anales chinos, japoneses y árabes de la época. Se ha solicitado el interés de los arqueólogos para que rastreen informaciones pictóricas guardadas en cavernas en las que se recojan representaciones de la aparición de otra supernova en épocas aún más tempranas, la de la Supernova Gum (Brandt et al., 1971). No obstante, la aparición en los cielos de una nueva estrella no es ni de lejos un acontecimiento tan impresionante como para serlo la aproximación a nuestro globo de otro planeta, que se supone iría inevitablemente acompañada de residuos interplanetarios y descargas lumínicas que afectarían a la Tierra. Existe un buen número de cavernas situadas a altitudes tales y a tales distancias del mar como para que jamás haya cabido la posibilidad de que sufrieran inundaciones. Dando por supuesto que acaecieran las catástrofes descritas por Velikovsky, ¿por qué no queda el menor registro gráfico contemporáneo de las mismas?

Por tanto, no me parecen en absoluto convincentes las fundamentaciones legendarias solicitadas en apoyo de las hipótesis de Velikovsky. Si su idea de colisiones planetarias y catastrofismos globales acaecidos en épocas recientes contara con el soporte de pruebas físicas notablemente sólidas, podríamos sentirnos tentados a darle cierta credibilidad. Pero si las pruebas aportadas carecen de solidez, considero que las de orden mitológico no llegan a mantenerse en pie por sí solas.

Quisiera presentar ahora un breve resumen de los rasgos que definen las principales hipótesis defendidas por Velikovsky. Al hacerlo, señalaré su relación con los acontecimientos descritos en el libro del Éxodo, y no debe olvidarse que las tradiciones recogidas por otras culturas parecen concordar con la descripción bíblica de los sucesos.

El planeta Júpiter expulsó de su seno un cometa de grandes dimensiones que hacia el 1500 antes de nuestra era colisionaría levemente con nuestro planeta. Y de tal colisión derivan, directa o indirectamente, todas las plagas y tribulaciones faraónicas descritas en el Éxodo bíblico. La materia responsable de que las aguas del Nilo se

convirtieran en sangre procedía del cometa. Las alimañas descritas en el Éxodo provienen del cometa, las moscas y quizá los escarabajos se han visto empujados a la fecundación y a multiplicarse gracias al calor por éste desprendido, como sucediera en el caso de las ranas, originariamente terrestres. Los terremotos provocados por el cometa arrasaron las edificaciones egipcias sin dañar en absoluto las de los hebreos. (A decir verdad, lo único que parece no tener su origen en el cometa es el colesterol responsable del endurecimiento del corazón del faraón egipcio).

Cómo no, todo lo indicado y más se desprendió de la cola del cometa, responsable también de que las aguas del Mar Rojo se abrieran en dos cuando Moisés alzó su vara ante ellas, tal vez a causa de la marea creada por el campo gravitatorio del cometa o a causa de alguna imprecisa interacción eléctrica o magnética desencadenada entre éste y el Mar Rojo. Luego, una vez cruzaron sin el menor percance los hebreos, evidentemente el cometa se alejó lo suficiente como para que las aguas partidas en dos volvieran a su viejo cauce y ahogaran a las huestes del faraón. Durante los cuarenta años subsiguientes, mientras vagaban errantes por el desierto del pecado, los hijos de Israel se alimentaron del maná que les caía de los cielos, que resultó ser un compuesto de hidrocarbonos (o carbohidratos) originados en la cola del cometa.

Otra posible lectura de *Worlds in Collision* parece dar a entender que entre el desencadenamiento de las plagas y los sucesos del Mar Rojo debió transcurrir un mes o dos y que tuvieron sus orígenes en sendos pasos del cometa por nuestra atmósfera. Tras la muerte de Moisés, una vez el manto del liderazgo ha pasado a hombros de Josué, este mismo cometa volverá a rozar nuestro planeta con chirriante estruendo. Cuando Josué clama «Sol, párate sobre Gibeón; y tú, Luna, sobre el valle de Ajalón», la Tierra —quizás a causa una vez más de interacción gravitatoria, o tal vez en razón de cierta inducción magnética inespecífica generada sobre la corteza terrestre— cesa inmediatamente de girar y le permite a Josué alcanzar la victoria en la batalla. Acto seguido el cometa está a punto de colisionar con Marte, interaccionando con él con tal fuerza que le arranca de su órbita y le pone en peligro por dos veces de chocar con nuestro planeta, cuasi-colisiones que provocan la destrucción de los ejércitos del rey asirio Sanaquerib, responsable de la miserable existencia que venían soportando las últimas generaciones de israelitas. En la fase siguiente Marte se incorpora a su órbita actual y el cometa entra en órbita circular alrededor del sol para convertirse en el planeta Venus, que en opinión de Velikovsky no había existido hasta este preciso instante. Mientras tanto, la Tierra se ponía de nuevo en movimiento, y éste mantenía unas características muy similares a las que tuviera antes de todos estos encuentros celestes.

Hasta alrededor del siglo VII a. C. no debió producirse ningún comportamiento planetario aberrante, y ello a pesar de la abundancia con que parecen haberse

producido durante el segundo milenio.

Nadie, ni defensores ni detractores, podrá dejar de admitir que se trata de un relato notable y sorprendente. Pero además, y por fortuna, se trata de un relato susceptible de verse sometido a contrastación científica. Las hipótesis de Velikovsky le llevan a efectuar ciertas predicciones y deducciones. Por ejemplo, que los cometas son grandes masas de materia expulsadas del seno de los planetas; que los cometas son capaces de pasar muy cerca de los planetas, incluso rozarlos, creando perturbaciones; que en los cometas, así como en las atmósferas de Júpiter y Venus, viven alimañas; que en todos estos lugares que acabamos de citar también podemos encontrar carbohidratos; que en la península de Sinaí cayeron de los cielos suficientes carbohidratos como para alimentar durante cuarenta años a las errabundas masas israelitas que cruzaban el desierto; que órbitas excéntricas de planetas y cometas pueden tornarse perfectamente circulares tras el paso de unos cientos de años; que se producían fenómenos volcánicos y tectónicos en nuestro planeta e impactos de diferentes cuerpos celestes sobre la superficie lunar simultáneamente a tales catástrofes; y así sucesivamente. Deseo discutir cada uno de tales puntos así como algunos otros no mencionados hasta aquí, como por ejemplo el supuesto de que la superficie de Venus se halla a elevada temperatura, que aunque sea un aspecto secundario con respecto a la sustentación de sus hipótesis no por ello ha dejado de jugar un papel primordial como prueba a favor post hoc. También deseo someter a examen una «predicción» adicional y fortuita de Velikovsky, a saber, que los casquetes polares de Marte están compuestos por carbono o carbohidratos. La conclusión de mi análisis crítico es que cuando Velikovsky se muestra original en sus planteamientos es más que probable que esté equivocado, mientras que en aquellos puntos en que acierta se sustenta en ideas ya previamente empleadas por otros. No son pocas las veces en las que además de sustentar errores no presenta la menor originalidad, aspecto este último de notable importancia pues se ha mantenido que ciertas circunstancias (por ejemplo, la elevada temperatura de la superficie de Venus) fueron predichas por Velikovsky en momentos en que todo el mundo las imaginaba muy distintas. Pero como tendremos oportunidad de ver, en realidad no ha sido así.

En las discusiones que siguen, intentaré utilizar, siempre que me sea posible, razonamientos simples de orden cuantitativo. Evidentemente, los argumentos cuantitativos constituyen una malla mucho más fina que los cualitativos en cuanto a establecer un cribado de hipótesis. Por ejemplo, si afirmo que tiempo ha una enorme ola sumergió bajo las aguas a nuestro planeta, puedo aportar en favor de mi aserto una amplia gama de catástrofes, desde la inundación de regiones litorales hasta una inundación generalizada. Pero si especifico que la ola generada por la marea tenía una altura de alrededor de unos 200 kilómetros, sin duda alguna estaré hablando de una catástrofe del último de los tipos indicados, aunque quizás entonces existan una

serie de evidencias críticas que nos inclinen a descartar la existencia de una ola de tales dimensiones. Para que los argumentos de orden cuantitativo pueda comprenderlos cualquier lector que no esté especialmente familiarizado con la física elemental he intentado, y de forma muy especial en los apéndices (véase páginas 409-414), reflejar todos los pasos esenciales del razonamiento y utilizar los argumentos más sencillos a condición de que no se alteren con ellos las ideas físicas esenciales implicadas. Quizá debo señalar que la verificación de hipótesis cuantitativas es completamente rutinaria y usual en las ciencias físicas y biológicas de hoy en día. Una vez verificadas las hipótesis y dejadas de lado las que no se ajusten a los estándares de análisis indicados, resulta inmediata la necesidad de plantear nuevas hipótesis que presenten una mejor concordancia con los hechos.

Hay otro aspecto vinculado con la metodología científica que creo necesario recalcar. No todas las aserciones científicas tienen idéntico peso específico. Por ejemplo, la dinámica newtoniana y las leyes de conservación de la energía y del momento angular se asientan sobre bases extremadamente sólidas. Son literalmente millones los experimentos independientes entre sí que acuden en apoyo de su plena validez, no sólo sobre nuestro planeta, sino que las modernas técnicas de observación astrofísica nos la testifican para cualquier otro lugar del sistema solar, dentro de otros sistemas solares e incluso en el ámbito de otras galaxias que no sean la nuestra. Por el contrario, extremos tales como la naturaleza de las superficies planetarias, de sus atmósferas o de sus núcleos internos se apoyan en bases muchísimo más débiles, como manifiestan los científicos dedicados al estudio de los planetas durante estos últimos años. Un buen ejemplo de la distinción recién establecida nos lo ofrece la aparición del cometa Kohoutek en 1975. La primera vez que se observó dicho cometa se encontraba a una enorme distancia del Sol. Se establecieron un par de predicciones basadas en las primeras observaciones efectuadas. La primera de ellas, fundamentada en las leyes de la dinámica newtoniana, tenía como objeto la determinación de la órbita del cometa, cuál iba a ser su posición en tiempos futuros, en qué momentos iba a ser posible observarlo desde nuestro planeta antes de la salida del sol, en qué otros tras su ocaso, etc. El ajuste entre predicciones y hechos observados fue milimétrico. El segundo núcleo de predicciones se centraba en el brillo lumínico del cometa, basado en conjeturas sobre el grado de vaporización de los hielos del cometa, responsable de la larga cola que se encarga de reflejar la luz solar. En este segundo punto las predicciones fueron erróneas, y el cometa, lejos de rivalizar con Venus en cuanto a brillo, era imposible de detectar por la inmensa mayoría de los observadores a simple vista. No obstante, la velocidad y grado de vaporización depende directamente de la estructura química y geométrica del cometa, que en el mejor de los casos sólo conocemos muy someramente. Pues bien, en todo análisis de las hipótesis vertidas en *Worlds in Collision* debe tenerse siempre muy presente esta misma

distinción entre argumentos con sólida base científica y aquellos otros que se cimentan en aspectos físicos y químicos conocidos tan sólo de un modo superficial y fragmentario. Debe otorgarse primordial importancia a los argumentos basados en la dinámica newtoniana y en las leyes físicas de conservación. Aquellos otros que se apoyan, por ejemplo, en propiedades características de las superficies planetarias, deben ser considerados como menos determinantes. Tras nuestro análisis se observará que las hipótesis de Velikovsky se encuentran con graves dificultades en ambos campos, aunque, repito una vez más, un grupo de dificultades es mucho menos determinante que el otro en vistas a formar nuestra opinión crítica sobre el asunto.

Problema I: el lanzamiento de Venus por parte de Júpiter

Las hipótesis de Velikovsky toman como punto de arranque un evento jamás observado por ningún astrónomo y que entra en contradicción con buena parte de nuestros actuales conocimientos sobre la física de planetas y cometas, a saber la expulsión del seno de Júpiter, quizás a causa de un choque con otro planeta gigante, de un objeto de dimensiones planetarias. Los afelios (los puntos de la órbita de un cuerpo celeste situados a la mayor distancia posible del Sol) de los cometas con órbitas de período corto presentan una tendencia estadística a situarse en las proximidades de Júpiter. Laplace y otros astrónomos de su tiempo lanzaron la hipótesis de que Júpiter era la fuente emisora de tal tipo de cometas. Se trata de una hipótesis totalmente innecesaria ya que hoy en día sabemos que cualquier cometa con órbita de período largo puede entrar en trayectorias de período corto a causa de las perturbaciones de campo generadas por Júpiter. Desde hace uno o dos siglos tan sólo se ha mostrado partidario de la vieja hipótesis citada el astrónomo soviético V. S. Vsekhsviatsky, quien parece creer que las lunas de Júpiter arrojan cometas a través de enormes volcanes.

Para alejarse de Júpiter todo cometa debe poseer una energía cinética igual a $\frac{1}{2} mv_e^2$, donde m es la masa del cometa y v_e es su velocidad de escape de Júpiter, calculada en alrededor de 60 km/seg. Sea cual fuere el mecanismo de expulsión, vulcanismo o colisión, una fracción significativa de tal energía cinética, por lo menos un 10% de la misma, se consumirá en calentar el cometa. La energía cinética mínima por unidad de masa expulsada es $\frac{1}{2} v_e^2 = 1{,}3 \times 10^{13}$ ergios por gramo, y la cantidad de la misma que se disipa en forma de calor es superior a los $2{,}5 \times 10^{12}$ ergios/g. El calor latente de fusión de las rocas es de alrededor de los 4×10^9 ergios por gramo. Se trata del calor que debe aplicarse para convertir roca sólida llevada hasta muy cerca de su punto de fusión en lava líquida; para que una roca situada a bajas temperaturas alcance su punto de fusión es necesaria una energía de alrededor de los 10^{11} ergios por gramo. En consecuencia, para que Júpiter expulse de su seno un

cometa o un planeta deberá haber alcanzado obviamente una temperatura de varios miles de grados, en cuyo caso rocas, hielo y componentes orgánicos se habrán fundido por completo. Cabe incluso la posibilidad de que se hayan visto reducidos a una lluvia de pequeñas partículas de polvo y átomos autogravitantes, situación que por lo demás no describe con excesiva exactitud la naturaleza del planeta Venus. (Incidentalmente, he aquí lo que podría ser un buen argumento velikovskiano para explicar la elevada temperatura de la superficie de Venus, aunque como veremos más adelante no parece concederle importancia).

Otro de los problemas que se plantea es que la velocidad de escape del campo gravitatorio solar de cualquier cuerpo ubicado en Júpiter es de alrededor de 20 km/seg. Por descontado, el mecanismo encargado de expulsar masas materiales de Júpiter debe ajustarse a esta insoslayable realidad. Si el cometa abandona Júpiter a velocidades inferiores a los 60 Km. / seg., volverá a caer sobre el planeta, mientras que si lo hace a velocidad superior a $[(20)^2 + (60)^2]^{1/2} = 63$ km/seg. escapará no sólo de Júpiter sino del propio sistema solar. Así pues, las velocidades compatibles con las hipótesis de Velikovsky se acumulan en un intervalo muy pequeño y, por tanto, altamente improbable.

Otro más de los problemas que se plantean es la enorme masa de Venus, superior a 5×10^{27} gramos, o quizás aún mayor por entonces, ya que según las hipótesis de Velikovsky en una primera fase la trayectoria de dicho planeta transcurría más próxima al Sol que hoy en día. La energía cinética total necesaria para propulsar Venus a la velocidad que le permita abandonar el campo creado por Júpiter será, según un sencillo cálculo, del orden de los 10^{41} ergios, cantidad equivalente a la energía total irradiada por el Sol durante un año y cien millones de veces superior a la fulguración solar más potente jamás observada. Por tanto, sin mayores pruebas ni discusión, nos vemos solicitados a creer en un fenómeno de eyección en el que entra en juego una energía enormemente superior, a la desplegada en cualquier fenómeno solar, y ello cuando Júpiter es un almacén energético muy inferior al Sol.

Todo proceso que genera objetos de gran tamaño también produce otros más pequeños, especialmente cuando se trata de colisiones como en el caso que nos ocupa. Nuestros conocimientos sobre las leyes físicas que regirán la pulverización ulterior al choque son bastante precisos, y nos permiten afirmar que, por ejemplo, partículas de un tamaño diez veces inferior al de la mayor de las generadas serán cien, o incluso mil veces más numerosas. Por supuesto, Velikovsky sostiene la aparición de una lluvia de piedras como secuela de sus pretendidos encuentros planetarios, e imagina a Venus y Marte arrastrando tras de sí un auténtico enjambre de enormes guijarros; la cohorte de Marte habría sido, por lo demás, la responsable de la destrucción de los ejércitos de Senaquerib. Dando por sentada la veracidad de tales hipótesis, es decir, si tan sólo unos miles de años atrás nuestro planeta tuvo

cuasi-colisiones con otros objetos celestes de masa similar a la nuestra, es indudable que hasta hace escasos siglos hemos sido bombardeados con objetos de masa similar a la de nuestra luna y que la caída sobre nuestro planeta de masas susceptibles de abrir cráteres de un diámetro de un par de kilómetros es un fenómeno poco menos que cotidiano. Sin embargo, tanto en la Tierra como en la Luna no detectamos rastros de colisiones recientes y frecuentes con objetos de características como las reseñadas en último lugar. Los escasos objetos celestes que a modo de población prácticamente estable se mueven en órbitas que pudieran llevarles a chocar con la Luna nos permiten explicar a la perfección, siempre que nos remontemos más allá de la cronología geológica, los cráteres que actualmente observamos en la superficie lunar. La ausencia de un populoso enjambre de pequeños objetos celestes que se muevan cruzando la órbita terrestre es otra objeción fundamental a las tesis centrales de Velikovsky.

Problema II: reiteradas colisiones entre la Tierra, Venus y Marte

«Nada hay de absurdo en la idea de que un cometa pueda colisionar con nuestro planeta, aunque es algo ciertamente poco probable» (p. 40). Se trata de una afirmación esencialmente correcta. El problema a resolver es el cálculo preciso de la probabilidad de que se produzcan tales choques, extremo que desgraciadamente Velikovsky deja sin resolver.

No obstante, la física que rige tales fenómenos es por fortuna extremadamente simple, de modo que se puede calcular el orden de magnitud del número de choques prescindiendo incluso de toda consideración de carácter gravitatorio. Los objetos celestes que se mueven según órbitas marcadamente excéntricas y se trasladan desde las proximidades de Júpiter a las de la Tierra lo hacen a velocidad tan extraordinariamente alta que la atracción gravitacional mutua que se ejerce entre ellos y los eventuales objetivos de choque desempeña un papel negligente en la determinación de su trayectoria. En el Apéndice 1 se calcula la probabilidad de que se produzcan el tipo de colisiones que nos ocupa, y puede verse que un «cometa» cuyo afelio (punto más alejado del Sol) se halle cerca de la órbita de Júpiter y cuyo perihelio (punto más cercano al Sol) esté situado dentro de la órbita de Venus no tardará menos de 30 millones de años en colisionar con la Tierra. En este mismo apéndice se deduce que si el objeto celeste en cuestión no es un ente aislado sino que forma parte de la familia de cuerpos celestes que, de acuerdo con nuestras observaciones, se mueven a lo largo de las trayectorias indicadas, el tiempo que tardará en llegar hasta nosotros es superior a la edad misma del sistema solar.

Tomemos como referencia la cifra de 30 millones de años para que las hipótesis de Velikovsky tengan el mayor sesgo cuantitativo posible a su favor. La probabilidad

de que la Tierra colisione con algún cuerpo celeste dentro de un determinado año es de 1 sobre 3 X 10^7; la probabilidad de que lo haga dentro de un milenio concreto, será de 1 sobre 30 000. No obstante, Velikovsky no habla de una, sino de cinco o seis cuasi-colisiones (véase, por ejemplo, p. 388) entre Venus, Marte y la Tierra. Tales colisiones parecen contemplarse como fenómenos estadísticamente independientes, es decir que, de acuerdo con el relato de Velikovsky, no parece existir una serie regular de roces que venga determinada por los períodos orbitales respectivos de los tres planetas. (Si existiese tal intervinculación, cabría la posibilidad de interrogarnos acerca de la probabilidad de que se diera tan notable jugada dentro del billar planetario ateniéndonos a las constricciones temporales postuladas por Velikovsky). Si las probabilidades de choque son independientes entre sí, la probabilidad conjunta de que se produzcan cinco de tales encuentros dentro de un mismo milenio será en el caso más simplificado, de $(3 \times 10^7 / 10^3)^{-5} = (3 \text{ X } 10^4)^{-5} = 4{,}1 \text{ X } 10^{-23}$, es decir, una probabilidad de 1 sobre alrededor de 100 000 trillones. Para el caso de seis choques dentro de un mismo milenio, la probabilidad será $(3 \text{ X } 10^7/10^3)^{-6} = (3 \text{ X } 10^4)^{-6} = 7{,}3 \text{ X } 10^{-28}$, es decir, desciende hasta el orden de 1 sobre 70 000 cuatrillones. Desde luego, se trata de los límites inferiores de probabilidad, tanto por la razón apuntada líneas más arriba como por el hecho de que, ante un eventual encuentro con Júpiter, lo más probable es que el cuerpo que chocara con él se viera expulsado irremisiblemente del sistema solar, de modo equivalente a cuanto ha sucedido con el ingenio espacial *Pioneer 10*. Las probabilidades reseñadas constituyen una calibración adecuada de la validez de las hipótesis de Velikovsky, sin contar, claro está, que se presentan bastantes más problemas que los reseñados hasta ahora. Las hipótesis con tan escasísima probabilidad favorable suelen considerarse insostenibles. Al tomar en cuenta los problemas mencionados en el epígrafe precedente y los que se exponen a continuación, la probabilidad de que la tesis sostenida en *Worlds in Collision* sea correcta se torna prácticamente nula.

Problema III: la rotación de la Tierra

Buena parte de las airadas protestas que levantara *Worlds in Collision* parece tener su origen en la interpretación que ofrece Velikovsky de la historia de Josué y demás leyendas similares, según las cuales en cierta ocasión la Tierra detuvo su finisecular movimiento de rotación. La imagen del fenómeno que parecen estar pensando los más violentos detractores de Velikovsky sería la que puede contemplarse en la versión cinematográfica del relato de H. G. Wells titulado «El hombre que podía hacer milagros»; La Tierra detiene milagrosamente su rotación pero, a causa de un descuido, no se toman precauciones previsoras sobre los objetos no anclados solidariamente a la superficie del planeta, de manera que siguen moviéndose como de

costumbre y, en consecuencia, abandonan la Tierra a una velocidad de alrededor de los 1650 kilómetros por hora. No obstante, es inmediato constatar (Apéndice 2) que una deceleración gradual de un orden aproximado de 10^{-2} g, puede producirse en un período de tiempo muy inferior a las 24 horas, por tanto, no saldría nada volando por los aires y seguirían conservándose a la perfección incluso las estalactitas y otras delicadas formaciones geomorfológicas similares. Asimismo, en el ya citado Apéndice 2 se demuestra que la energía necesaria para detener la rotación terrestre no sería suficiente como para provocar la fusión del planeta, aunque tal aportación energética sí iba a traducirse en un incremento de la temperatura perfectamente apreciable; el agua de los océanos alcanzaría su punto de ebullición, fenómeno que parecen haber pasado por alto todas las antiguas fuentes citadas por Velikovsky.

Con todo, no son éstas las objeciones más serias que cabe plantear a la exégesis que nos ofrece Velikovsky del relato bíblico de Josué. El problema más serio quizá se ubique en el otro extremo del relato. Más exactamente: ¿cómo pudo la Tierra emprender de nuevo su movimiento de rotación a una velocidad de giro aproximadamente idéntica? Desde luego, no pudo hacerlo por sí sola a causa de la ley de conservación del momento angular. Y sin embargo, Velikovsky ni siquiera parece haberse percatado de que ahí había un problema, y no pequeño, a resolver.

No hay la menor alusión a que el «paro» de la Tierra a causa de una colisión planetaria es muchísimo menos probable que cualquier otra modificación en su movimiento de rotación. De hecho, la posibilidad de que la Tierra anulara su movimiento angular de rotación a causa de una cuasi-colisión con un cometa es mínima. Por lo demás, la de que sucesivas colisiones pusieran nuevamente en movimiento el planeta haciéndole completar una revolución cada veinticuatro horas es enormemente menor.

Velikovsky no es nada preciso al hablarnos del supuesto mecanismo que pudo detener la rotación terrestre. Quizá fuera la acción de las mareas generadas por un campo gravitatorio, quizá la de un campo magnético. Tanto uno como otro tipo de campos generan fuerzas que decrecen de forma tremendamente rápida con la distancia. Mientras la gravitación decrece de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, la acción de las mareas lo hace según el inverso del cubo de la misma, y la combinación de uno y otras lo hace de acuerdo con el inverso de su sexta potencia. El campo creado por un dipolo magnético decrece de forma inversamente proporcional al cubo de la distancia y toda marea generada por un campo magnético disminuye mucho más rápidamente que la que tiene su origen en una acción gravitatoria. Sea como fuere, el efecto responsable del frenado actúa casi exclusivamente mientras la distancia entre los cuerpos cuasi-colisionantes es mínima. El tiempo característico o período en que pervive esta máxima proximidad, y por tanto máxima acción mutua, es obviamente 2R/v, donde R es el radio de la Tierra y v

la velocidad relativa del cometa con respecto a la Tierra. Suponiendo una v de 25 km/s, el tiempo característico durante el que actúan las fuerzas de frenado de forma eficaz resulta ser de unos diez minutos a lo sumo. La aceleración correspondiente es inferior a 0,1 g, de modo que los ejércitos aún no pueden ser arrojados al espacio sideral. Pero por otro lado, el tiempo característico para la propagación acústica de un fenómeno sobre la Tierra —el tiempo mínimo para que una determinada influencia externa se haga sentir en todo el planeta— es de unos ochenta y cinco minutos. En consecuencia, ni aunque llegara a producirse un roce efectivo entre el cometa y nuestro planeta sería posible en absoluto que el Sol se detuviera sobre Gibeón por mera influencia del paso del cometa.

Se hace realmente difícil seguir el relato de Velikovsky sobre la historia de la rotación de nuestro planeta. En la página 236 se nos habla del movimiento del Sol en los cielos de un modo que, por casualidad, se ajusta tanto en su salida como en su movimiento aparente a como pueda observarse desde la superficie de Mercurio, no desde la de la Tierra. En la página 385 detectamos algo similar a un intento de retirada en toda la línea por parte de Velikovsky, pues nos sugiere que lo sucedido en realidad no fue una modificación en la velocidad angular de la rotación terrestre, sino más bien que durante unas pocas horas el vector que nos representa el momento angular de la Tierra dejó de mantener una inclinación aproximada de 90° con respecto al plano de la eclíptica, como la que tiene en la actualidad, para apuntar directamente al Sol, como sucede en el caso del planeta Urano. Aparte de los graves problemas físicos que plantea admitir tal sugerencia, se trata de un supuesto que entra en flagrante contradicción con las hipótesis precedentes de Velikovsky, ya que, de acuerdo con las mismas, en páginas precedentes ha dado una enorme relevancia al hecho de que en las culturas euroasiáticas y del próximo Oriente quedase registro de una prolongación del día mientras que las culturas norteamericanas hablaban de un alargamiento de la noche. Desde tal perspectiva, no existiría explicación a las informaciones recogidas en México. Creo pues que en este punto deja de lado o en el olvido sus propios argumentos validadores extraídos de los escritos de la antigüedad. En la página 386 nos enfrentamos con un argumento de orden cualitativo, que no vuelve a aparecer por parte alguna, según el cual la Tierra bien pudo haberse detenido por la acción de un campo magnético de gran intensidad. No se menciona en absoluto la intensidad de dicho campo, pero (véanse los cálculos del Apéndice 4) no cabe otra posibilidad que la de que haya sido enorme. No existe el menor indicio en las rocas terrestres de que jamás se hayan visto sometidas a efectos magnetizadores de tan enorme intensidad y, hecho asimismo de fundamental importancia, tenemos pruebas irrefutables, obtenidas por medio de los ingenios espaciales americanos y soviéticos, de que la intensidad del campo magnético de Venus es prácticamente despreciable —muy inferior a los 0,5 gauss que se detectan en la propia superficie terrestre en razón

de su propio campo, por lo demás a todas luces insuficiente para dar sostén a las tesis de Velikovsky.

Problema IV: geología terrestre y cráteres lunares

De forma perfectamente razonable, Velikovsky sostiene que una cuasi-colisión de la Tierra con otro planeta debe haber tenido consecuencias dramáticas para nosotros, ya sea a causa de la acción de fuerzas gravitatorias, eléctricas o magnéticas; en este aspecto Velikovsky no acaba de definirse con un mínimo de claridad. Velikovsky sostiene (páginas 96 y 97) «que en tiempos del Éxodo, cuando nuestro mundo se vio violentamente sacudido y bombardeado… *todos* los volcanes empezaron a vomitar lava y *todos* los continentes se agitaron por acción de los terremotos». (El subrayado es mío).

Pocas dudas hay de que las cuasi-colisiones postuladas por Velikovsky debieron ir acompañadas de fuertes fenómenos sísmicos. Los sismómetros lunares del Apolo han detectado que, en nuestro satélite, los movimientos sísmicos son más abundantes durante el perigeo lunar, cuando la Tierra y la Luna están más próximos entre sí, y que parecen detectarse indicios de que en tal fase también se producen temblores geológicos sobre nuestro propio planeta. No obstante, la suposición de que en alguna época pretérita «todos los volcanes» terrestres entraran en actividad y se generaran amplias y generalizadas corrientes de lava ya es harina de otro costal. No hay dificultad alguna en establecer una cronología de las lavas volcánicas, y lo que debiera ofrecernos Velikovsky es un histograma del número de corrientes de lava emergidas sobre nuestro planeta en función del tiempo. Creo que dicho histograma pondría de manifiesto que no todos los volcanes terrestres se mantuvieron en actividad entre el 1500 y el 600 antes de nuestra era. Es más, durante dicho período nada hay de especialmente reseñable acerca del vulcanismo terrestre.

Velikovsky cree (página 115) que la aproximación de cometas a nosotros genera una inversión del campo geomagnético. Sin embargo, los datos recogidos en rocas magnetizadas son concluyentes al respecto; las inversiones del campo geomagnético se producen en intervalos de millones de años, no en los últimos milenios, y se presentan con una regularidad que casi cabría calificar de cronométrica. ¿Acaso existe en Júpiter un reloj que proyecta cometas hacia la Tierra cada tantos millones de años? El punto de vista convencional sobre este tema es que la Tierra experimenta una inversión de polaridad de la dinamo que genera el campo magnético terrestre, en cuya génesis no interviene ningún elemento exterior a nuestro planeta. No cabe duda de que se trata de una explicación bastante más verosímil.

La afirmación de Velikovsky de que la génesis de las montañas terrestres se produjo hace tan sólo unos pocos milenios se ve desmentida por todas las pruebas

geológicas a nuestra disposición, de acuerdo con las cuales los orígenes de las elevaciones de nuestro planeta se sitúan decenas de millones de años atrás. La idea de que los mamuts quedaran sometidos a una profunda congelación a causa de un rápido movimiento del polo geográfico terrestre acaecido hace unos pocos milenios de años necesita ser verificada (por ejemplo recurriendo al carbono-14 o a la datación de aminoácidos por racemización), y ciertamente me llevaría una gran sorpresa si de tales verificaciones se desprendiera que tuvo lugar en época muy reciente.

Velikovsky cree que la Luna se vio influenciada por las catástrofes que sobrevinieron en nuestro planeta y que unos pocos milenios atrás sufrió eventos tectónicos similares en su superficie responsables de la génesis de buena parte de los cráteres que hoy presenta (véase Parte II, capítulo 9). Esta suposición también presenta algunos problemas en su contra. Las muestras de la superficie lunar recogidas en las distintas misiones Apollo no contenían rocas de fusión formadas en épocas tan recientes, remontándose su antigüedad a unos pocos cientos de millones de años atrás.

Por otro lado, si hace unos 2700 a 3500 años se formaron abundantes cráteres en la Luna debió existir una producción similar de tales cráteres en nuestro planeta en este mismo período con un diámetro no inferior al kilómetro. La erosión existente en la superficie terrestre no explica la desaparición de todo cráter de este tipo en un lapso de veintisiete siglos. Pues bien, no existe un gran número de cráteres terrestres de tales características y edad; para ser más exactos, no existe ni uno solo. Sobre estos puntos Velikovsky parece haber ignorado toda prueba crítica, pues al examinar los datos fehacientes a nuestra disposición sus hipótesis quedan clara y rotundamente invalidadas.

Velikovsky cree que al pasar Venus o Marte muy cerca de la Tierra deben haberse producido olas de varios kilómetros de altura (páginas 70 y 71). De hecho, si jamás, como parece pensar Velikovsky, tales planetas pasaron a unas decenas de miles de kilómetros del nuestro las mareas producidas sobre la Tierra tanto de agua como de material sólido, tuvieron que alcanzar una altura de cientos de kilómetros. Se trata de un dato fácilmente calculable a partir de la elevación que alcanzan las mareas lunares en la actualidad, proporcional a la masa del cuerpo generador de las mismas e inversamente proporcional al cubo de la distancia. Por cuanto me es dado conocer, no existe la menor evidencia geológica de una inundación global de nuestro planeta en ningún momento situada entre quince y seis siglos antes de nuestra era. Si se hubiera producido tan gigantesca inundación, aunque hubiese sido de breve duración, quedaría algún claro registro geológico del singular fenómeno. ¿Qué decir de los restos arqueológicos y paleontológicos? ¿Dónde están las pruebas de una extinción generalizada de la fauna en tal época como resultado de la gigantesca inundación? ¿Dónde las pruebas de fenómenos de fusión en las proximidades de los puntos que

sufrieron con mayor intensidad los efectos de las espeluznantes mareas?

Problema V: química y biología de los planetas terrestres

Las tesis de Velikovsky tienen algunas consecuencias peculiares de orden químico y biológico, producto de algunas confusiones de bulto en asuntos bastante simples. Por ejemplo, parece ignorar (página 16) que el oxígeno se produce en nuestro planeta como resultado del proceso de fotosíntesis de las plantas verdes. Tampoco se percata de que Júpiter está básicamente compuesto por hidrógeno y helio, mientras que la atmósfera de Venus, que según él no es más que una masa desgajada de Júpiter, está formada en su práctica totalidad por dióxido de carbono. Se trata de puntos básicos para su argumentación, que en consecuencia queda claramente en entredicho. Velikovsky sostiene que el maná caído desde los cielos sobre la península del Sinaí tenía origen cometario, lo que equivale a afirmar que tanto en Júpiter como en Venus existe gran abundancia de hidratos de carbono. Por otro lado, cita numerosas fuentes según las cuales debió caer de los cielos en épocas pretéritas una verdadera lluvia de fuego y nafta, que se interpreta como una suerte de petróleo celestial en ignición desde el momento mismo en que entró en contacto con la oxidante atmósfera terrestre (páginas 53 a 58). Velikovsky cree en la realidad e identidad de ambos grupos de fenómenos, de ahí que en su texto se despliegue y mantenga una extraña confusión entre hidratos de carbono e hidrocarburos. En algunos pasajes de su libro parece lanzar la hipótesis de que durante su errabunda travesía del desierto a lo largo de cuarenta años más que de alimento divino los israelitas se sustentaron con aceite lubricante para motores.

La lectura del texto se complica todavía más cuando parece establecer la conclusión (página 366) de que los casquetes polares de Marte estaban compuestos por maná, ya que de un modo en extremo ambiguo se les describe como «de naturaleza probablemente similar a la del carbono». Los hidratos de carbono presentan una absorción en la banda de los infrarrojos de 3,5 micras muy característica, que tiene como causa la enérgica vibración existente entre los enlaces carbono-hidrógeno. No obstante, en los espectros infrarrojos de los casquetes polares marcianos obtenidos por los ingenios espaciales *Mariner 6* y *7* en 1969 no se detecta la menor traza de la reseñada característica. Por otro lado, los ingenios *Mariner 6, 7* y *9* y los *Viking 1* y *2* han aportado abundantes y concluyentes pruebas sobre la auténtica naturaleza de los casquetes polares marcianos: agua y dióxido de carbono congelados.

Se hace difícil comprender la insistencia de Velikovsky en el origen celestial del petróleo. Algunas de sus fuentes, por ejemplo Herodoto, proporcionan descripciones perfectamente naturales de la combustión de petróleo aflorado hasta la superficie

terrestre en zonas de Mesopotamia e Irán. Como señala el propio Velikovsky (páginas 55 y 56), las leyendas sobre lluvias de fuego y nafta tienen como origen aquellas regiones de nuestro planeta en las que existen depósitos naturales de petróleo. Por tanto hay una explicación franca y lisamente terrestre para tal tipo de relatos. La cantidad de petróleo filtrado hacia las entrañas de la Tierra en 2700 años no puede haber sido demasiado grande. Las dificultades que existen hoy en día para extraer petróleo, causa de algunos importantes problemas prácticos de nuestra época, se verían ciertamente paliadas de ser cierta la hipótesis de Velikovsky. Asimismo, partiendo de tales hipótesis es difícilmente explicable que, bajado de los cielos hace unos 3500 años escasos, el petróleo se encuentre en depósitos íntimamente mezclado con fósiles químicos y biológicos cuya existencia se remonta a miles de millones de años atrás. No obstante, este último punto queda fácilmente explicado si, como han concluido la mayoría de geólogos, se postula como origen del petróleo la descomposición de la vegetación del carbonífero y otras eras geológicas anteriores, y no los cometas.

Más extraños aún son los puntos de vista de Velikovsky sobre la vida extraterrestre. Velikovsky cree que buena parte de los «malos bichos» que pueblan nuestro planeta, y en particular las moscas de las que se habla en el Éxodo, cayeron de su cometa. Aunque no se compromete explícitamente a favor de un origen extraterrestre de las ranas, lo hace de modo implícito al citar un texto persa, los Bundahis (página 183), donde parece admitirse una lluvia de ranas cósmicas. Pero limitémonos a considerar la cuestión de las moscas. ¿Debemos esperar en próximas exploraciones de las nubes de Venus y Júpiter el hallazgo de moscas domésticas o de ejemplares de la Drosophila melanogaster? Al respecto Velikovsky es totalmente explícito: «Venus —y probablemente también Júpiter— está poblado de bichos» (página 369). ¿Se derrumbarían las hipótesis de Velikovsky si no encontramos ni una mosca?

La idea de que de entre todos los organismos de nuestro planeta el único que posee un origen extraterrestre es la mosca constituye una curiosa reminiscencia de la encolerizada conclusión de Martín Lutero, para quien, mientras todos los demás seres vivos fueron creados por Dios, las moscas salieron de manos del Diablo ya que no son de la menor utilidad. No obstante, las moscas son insectos tan respetables como cualquier otro, con una anatomía, una fisiología y una bioquímica estrechamente vinculadas a las de todos sus demás congéneres. La posibilidad de que 4600 millones de años de evolución independiente sobre Júpiter —aun cuando se tratara de un planeta de constitución idéntica al nuestro— haya llegado a producir una criatura indiscernible de otros organismos terrestres equivale a interpretar de forma harto errónea el proceso evolutivo. Las moscas poseen los mismos enzimas, los mismos ácidos nucleicos e incluso el mismo código genético (encargado de convertir la

información almacenada en los ácidos nucleicos en información proteínica) que todos los demás organismos terrestres. Existen demasiadas vinculaciones e identidades entre las moscas y otros organismos terrestres como para que puedan tener orígenes inconexos, y ello nos lo pone de manifiesto todo análisis mínimamente serio del asunto.

En el capítulo noveno del Éxodo se nos dice que pereció todo el ganado de Egipto mientras que no hubo ni una sola baja entre el de los Hijos de Israel. En este mismo capítulo se nos habla de una plaga que afectó al heno y la cebada, si bien se mantuvieron sanos y salvos trigo y centeno. Esta especificidad y finura selectiva entre las huestes parasitarias es realmente extraña para alimañas cometarias sin ningún contacto biológico previo con la Tierra, mientras que resulta fácilmente explicable en términos de bichos domésticos terrestres.

Una curiosa particularidad de las moscas es su capacidad para metabolizar oxígeno molecular. En Júpiter no hay oxígeno molecular, ni puede haberlo, pues el oxígeno es termodinámicamente inestable en una atmósfera que contenga grandes cantidades de hidrógeno. ¿Acaso hemos de suponer que todo el mecanismo de transferencia de electrones terminales que precisan los seres vivos para asimilar el oxígeno molecular fue desarrollado accidentalmente por los organismos de Júpiter a la espera de que con el tiempo fuesen trasladados hasta la Tierra? Realmente se trataría de un milagro aún mayor que el que presupone el puntual cumplimiento de las tesis fundamentales de Velikovsky acerca de las colisiones entre cuerpos celestes. Velikovsky nos habla de forma colateral y defectuosa (página 187) sobre la «habilidad de muchos pequeños insectos… para vivir en una atmósfera desprovista de oxígeno», lo que nos demuestra que no acaba de comprender con exactitud cuál es el verdadero problema. El interrogante a resolver es cómo un organismo evolucionado en Júpiter puede vivir y desarrollar su metabolismo en una atmósfera rica en oxígeno.

Otro de los problemas que se plantea de forma inmediata es el de la supervivencia de las moscas extraterrestres al incorporarse a nuestro planeta. Las moscas tienen un tamaño y dimensiones muy similares a los pequeños meteoritos. Estos últimos, al penetrar en la atmósfera terrestre siguiendo las trayectorias de los cometas, arden total e irremisiblemente. Lógicamente, al entrar en el seno de la atmósfera de nuestro planeta las alimañas de origen extraterrestre arderán asimismo por entero, y no sólo eso, sino que al igual que sucede actualmente con los meteoritos generados por los cometas, todo bicho exterior se vaporizará de inmediato en átomos. De ahí la imposibilidad práctica de que en tiempos pretéritos Egipto pudiera verse asolado por «enjambres» de alimañas para consternación de su faraón. Por lo demás, las temperaturas desarrolladas en el proceso de eyección por parte de Júpiter de una gran masa cometaria a las que nos hemos referido anteriormente tuvieron forzosamente

que achicharrar las moscas de Velikovsky. En consecuencia, las hipotéticas moscas de origen cometario, abrasadas al tiempo que atomizadas, no tuvieron la menor posibilidad de incorporarse a nuestro mundo terrestre.

Por último, el texto de Velikovsky encierra una curiosa referencia a la vida extraterrestre dotada de inteligencia. En la página 364 sostiene que las cuasi-colisiones de Marte con la Tierra y Venus «hicieron altamente improbable la supervivencia de toda forma de vida en una avanzada fase de desarrollo sobre Marte, en el supuesto de que existiera allí algo de tal tipo». Sin embargo, cuando examinamos Marte con cierto detalle, tal como han tenido oportunidad de hacerlo los ingenios espaciales *Mariner 9* y los *Viking 1* y *2*, se observa que aproximadamente una tercera parte del planeta tiene una superficie punteada por cráteres bastante similar a la de la Luna y no presenta otro signo de catástrofes espectaculares que los antiguos impactos que crearon sus cráteres. La mitad de las dos terceras partes restantes del planeta casi no muestra rastro alguno de tal tipo de impactos, aunque sí nos indica que unos mil millones de años atrás debió verse sometida a una tremenda actividad tectónica con abundantes corrientes de lava y fenómenos de vulcanismo. Los pocos pero innegables impactos creadores de cráteres en esta última zona nos muestran fuera de toda duda que se produjeron en época enormemente anterior a unos pocos siglos atrás. No hay forma alguna de reconciliar esta descripción con la idea de un planeta sometido en épocas recientes a catástrofes de tal alcance que eliminaran de su superficie todo vestigio de vida inteligente. Por lo demás, se hace prácticamente imposible encontrar razones que justifiquen una desaparición tan radical de toda brizna de vida en Marte mientras ésta seguía perdurando sobre la Tierra.

Problema VI: el maná

Maná, de acuerdo con la etimología que nos ofrece el propio Éxodo, deriva de las palabras hebreas man-hu, expresión que significa: «¿Qué es eso?». ¡He aquí una buena pregunta! La idea de una lluvia de alimentos caída desde cometas no está demasiado bien planteada. La espectroscopia óptica de las colas de los cometas, aun antes de que se publicase *Worlds in Collision* (1950), puso de manifiesto la presencia en las mismas de hidrocarburos, pero no la de aldehídos, los sillares elementales que conforman los hidratos de carbono. Nada impide, sin embargo, que tales compuestos estuvieran presentes en los cometas. Con todo, el paso del cometa Kohoutek por las proximidades de la Tierra permitió descubrir que los cometas albergan grandes cantidades de nitrilos simples, en particular cianuro de hidrógeno y metilcianuro. Se trata de compuestos venenosos, lo que nos lleva a albergar serias dudas acerca de la comestibilidad de los cometas.

Pero dejemos de lado esta objeción, demos beligerancia a la hipótesis de

Velikovsky y calculemos sus consecuencias. ¿Cuánto maná fue necesario para alimentar a los cientos de miles de Hijos de Israel durante cuarenta años? (véase Éxodo, capítulo 16, versículo 35).

En el vigésimo versículo del capítulo 16 del Éxodo leemos que el maná caído durante la noche quedaba completamente infestado de gusanos a la mañana siguiente, suceso perfectamente posible con los hidratos de carbono pero extremadamente improbable en el caso de los hidrocarburos. Siempre cabe la posibilidad de que Moisés fuera mejor químico que Velikovsky. Las anteriores indicaciones ponen de manifiesto la imposibilidad de almacenar el maná, y por tanto debió caer diariamente desde los cielos durante cuarenta años según indica el relato bíblico. Podemos, pues, admitir que la cantidad de alimento caído cada día era la justa para paliar las necesidades de los hebreos errantes, aunque en la página 138 Velikovsky nos asegura que según fuentes midrásicas la cantidad de maná caída desde lo alto hubiera bastado para alimentarlos, no cuarenta, sino dos mil años. Supongamos que cada israelita ingería aproximadamente un tercio de kilogramo de maná diario, cantidad ligeramente inferior a la dieta de estricta subsistencia. En tal caso, cada individuo necesitó 100 kilogramos anuales, es decir unos 4000 a lo largo de los cuarenta años que perduró el éxodo bíblico. Si nos atenemos a la cifra señalada explícitamente en el Éxodo de cientos de miles de israelitas, para culminar su travesía del desierto debieron consumir globalmente alrededor del millón de kilos de maná durante los cuarenta años. Es de todo punto inverosímil que cada día cayeran sobre nuestro planeta desechos de la cola de un determinado cometa[7], y más si se considera que el fenómeno debía producirse preferentemente sobre aquella zona del desierto del pecado por la que erraban en ese justo momento los israelitas. Se trataría de una situación tan milagrosa o más que la literalmente recogida en el relato bíblico. El área ocupada por unos pocos cientos de miles de individuos errantes bajo un único y común liderazgo es, en términos aproximados, unas pocas diezmillonésimas de la superficie total del planeta. Por consiguiente, durante los cuarenta años de peregrinación deben haberse acumulado sobre la Tierra varios miles de billones de kilogramos de maná, cantidad más que suficiente para cubrir por completo el planeta con una capa de maná de un espesor aproximado de 3 centímetros. De haber sucedido, nos encontramos ante un fenómeno indudablemente asombroso, un fenómeno con el que explicar incluso la existencia de la casa de chocolate de Hansel y Gretel.

Por otro lado, no hay razón alguna que nos impulse a suponer que el maná se limitó a caer sobre la Tierra. Sin salir del marco fijado por el sistema solar interior, la cola del cometa debió recorrer en estos cuarenta años no menos de 10^{10} kilómetros. Aun estableciendo una estimación modesta acerca de la razón existente entre el volumen de la Tierra y el de la cola del cometa, fácil es deducir que la masa de maná

distribuida a lo largo y ancho del sistema solar interior a causa del fenómeno que nos ocupa no estaría por debajo de los 10^{28} gramos. Se trata de una masa superior en varios órdenes de magnitud al mayor de los cometas conocidos; más aún, se trata de una masa superior a la del mismo planeta Venus. Sin embargo, los cometas no pueden estar exclusivamente compuestos por maná. Es más, por cuanto sabemos hasta el momento, jamás ha sido detectado maná en ningún cometa. Sabemos con certeza que los cometas están básicamente compuestos de hielo, y una estimación sin duda prudente de la razón entre la masa total del cometa y la masa de maná es bastante superior a 10^3. Así pues, la masa del cometa encargado de alimentar a los israelitas debió ser con mucho superior a 10^{31} gramos. Ésta es la masa de Júpiter. Si aceptáramos la fuente midrásica citada por Velikovsky a que hemos hecho referencia en líneas precedentes, llegaríamos a la conclusión de que el cometa tuvo una masa comparable a la del Sol. De ser así, hoy en día el espacio interestelar perteneciente al sistema solar interior aún estaría lleno de maná. Dejo al arbitrio del lector la extracción de consecuencias acerca de la validez de las hipótesis de Velikovsky a la luz de los cálculos expuestos.

Problema VII: las nubes de Venus

El pronóstico de Velikovsky acerca de la constitución de las nubes de Venus, según el cual estarían formadas por hidrocarburos o hidratos de carbono, ha sido pregonado no pocas veces como un excelente ejemplo de predicción científica acertada. Partiendo de las tesis generales de Velikovsky y de los cálculos que acabamos de establecer, es innegable que Venus debió estar saturado de maná, un determinado hidrato de carbono. Velikovsky afirma (página x) que «la presencia de gases y polvo de hidrocarburos en las nubes que envuelven Venus constituirán un banco de pruebas crucial» para sus tesis. En citas sucesivas no queda demasiado claro si al hablar de «polvo» se refiere a hidratos de carbono o a simples silicatos. En esta misma página Velikovsky se cita a sí mismo afirmando que «en base a tales investigaciones, postula que Venus debe ser un planeta rico en gases de petróleo», palabras que cabe considerar como una referencia muy concreta a los diversos componentes del gas natural, entre ellos metano, etano, etileno y acetileno.

En este punto creo interesante entreverar nuestro relato con una breve historia. En la década de los 30 del presente siglo y a comienzos de los 40 el único astrónomo del mundo que se ocupaba de investigar la química de los planetas era el difunto Rupert Wildt, profesor en Gottingen y posteriormente en Yale. Wildt fue el primer investigador en detectar e identificar metano en las atmósferas de Júpiter y Saturno, y asimismo también fue el primero en postular la presencia de gases de hidrocarburos más complejos en dichas atmósferas. Por tanto, la idea de que puedan existir «gases

de petróleo» en Júpiter no es original de Velikovsky. De modo similar, fue también Wildt quien lanzó la hipótesis de que uno de los elementos integrantes de la atmósfera venusiana podía ser el formaldehído, indicando asimismo que las nubes que rodean Venus quizás estuviesen compuestas por un hidrato de carbono creado por polimerización del ya citado formaldehído. Por tanto, tampoco corresponde a Velikovsky la primacía en la hipótesis de que pueden hallarse hidratos de carbono en las nubes que envuelven Venus, y se hace difícil creer que alguien que se ocupó tan a conciencia de la literatura astronómica de las décadas señaladas como Velikovsky desconociera estos trabajos de Wildt, mucho más teniendo en cuenta que los temas abordados desempeñaban un papel tan central en su obra. No obstante, no existe la menor mención al trabajo de Wildt sobre Júpiter y sólo encontramos una simple nota a pie de página sobre el tema del formaldehído (página 368), sin la menor referencia y sin indicar en ningún momento que Wildt había postulado la existencia de hidratos de carbono en Venus. Wildt, a diferencia de Velikovsky, comprendía a la perfección la diferencia entre hidrocarburos e hidratos de carbono. Tras no obtener resultados positivos de una serie de investigaciones espectroscópicas en las proximidades de la banda de radiaciones ultravioleta con objeto de detectar el formaldehído, en el año 1942 decidió abandonar su hipótesis. Por su parte, Velikovsky siguió defendiéndola.

Como señalé hace ya unos años (Sagan, 1961), la presión de vapor de los hidrocarburos simples ubicados en las proximidades de las nubes venusianas debería hacerlos detectables en las nubes mismas. Por entonces no hubo forma de detectarlos, y en los años siguientes, a pesar de la amplísima gama de técnicas analíticas utilizadas, no se consiguió detectar en la envoltura gaseosa de Venus ni hidrocarburos ni hidratos de carbono. Se buscó el tipo de compuestos señalado mediante técnicas de espectroscopia óptica de alta resolución con el instrumental situado en laboratorios terrestres, incluso con ayuda de la técnica matemática conocida como transformadas de Fourier; también se utilizó en tales investigaciones la espectroscopia ultravioleta con el utillaje al efecto instalado en el observatorio astronómico orbital OAO-2; otros medios utilizados fueron las radiaciones infrarrojas emitidas desde la Tierra y sondas soviéticas y norteamericanas enviadas a la propia atmósfera venusiana. Pues bien, con ninguno de tales medios se logró detectar huellas de los compuestos químicos apuntados. Los límites superiores de abundancia de los hidrocarburos más sencillos y de los aldehídos, piezas fundamentales en la composición de los hidratos de carbono, es de unas pocas millonésimas (Connes, et al., 1967; Owen y Sagan, 1972). [Los límites superiores de presencia de los compuestos que nos ocupan para el caso de Marte son, asimismo, de unas pocas millonésimas (Owen y Sagan, 1972)]. Todas las observaciones efectuadas hasta el momento presente coinciden en demostrar que el grueso de la atmósfera de Venus está compuesto por dióxido de carbono. Dado que el carbono se encuentra presente bajo una forma oxidada, en el mejor de los casos puede

esperarse la presencia de simples vestigios de carbono en forma reducida, como la de los hidrocarburos. Las observaciones efectuadas en las fronteras de la región crítica del espectro representada por la longitud de onda de 3,5 micras no muestran la menor traza de enlaces carbono-hidrógeno, comunes a hidrocarburos e hidratos de carbono (Pollack, et al., 1974). Hoy en día conocemos a la perfección todas las bandas de absorción del espectro de Venus, desde las ultravioletas a las infrarrojas, y decididamente no hay ninguna que indique presencia de hidrocarburos o hidratos de carbono. Hasta el momento no conocemos ninguna molécula orgánica específica que pueda explicar de forma satisfactoria el espectro infrarrojo de Venus que conocemos.

El problema de la auténtica composición de las nubes de Venus, uno de los más inquietantes enigmas científicos durante siglos, fue resuelto no hace mucho (Young & Young, 1973; Sill, 1972; Young, 1973; Pollack. et al., 1974). Las nubes de Venus están compuestas por una solución, aproximadamente al 75%, de ácido sulfúrico. Esta identificación concuerda razonablemente con la composición química conocida de la atmósfera de Venus, en la que se han detectado los ácidos fluorhídrico y clorhídrico, con la parte real de los índices de refracción deducida a través de la polarimetría, con las características bandas de absorción de las 3 y 11,2 micras (y actualmente las situadas más allá de la banda del infrarrojo), y con la discontinuidad que representa la presencia de vapor de agua por encima y por debajo de las nubes venusianas.

Si tan plenamente desacreditada se halla la tesis de que los constituyentes básicos de las nubes de Venus son de carácter orgánico, ¿por qué suele afirmarse que la investigación basada en el instrumental incorporado a los ingenios espaciales ha corroborado las tesis de Velikovsky? Para explicar este extremo debo recurrir también a un breve relato. El 14 de diciembre de 1962 el primer ingenio espacial interplanetario lanzado con éxito por los Estados Unidos, el *Mariner 2*, iniciaba su viaje hacia Venus. Construido por el Jet Propulsion Laboratory, llevaba consigo, entre otro instrumental de mucho mayor interés, un radiómetro de infrarrojos cuyo funcionamiento y resultados estaban a cargo de un equipo formado por cuatro experimentadores, yo entre ellos. Por entonces aún no se había efectuado el primer vuelo espacial con éxito por parte de un ingenio lunar de la serie Ranger, y la NASA carecía de la necesaria experiencia que iba a darle el paso de los años en cuanto a la presentación de sus hallazgos científicos. Se convocó en Washington una conferencia de prensa para dar a conocer los resultados del experimento, y el Dr. L. D. Kaplan, uno de los miembros de nuestro equipo, se encargó de exponer ante la prensa los resultados obtenidos. Llegado el momento, Kaplan describió los resultados aproximadamente en los siguientes términos (no se trata de sus palabras exactas); «nuestro instrumental de experimentación era un radiómetro de infrarrojos de dos canales, uno centrado en la banda de 10,4 micras, correspondiente al CO_2, el otro,

una ventana de 8,4 micras, correspondiente a la fase gaseosa de la atmósfera de Venus. Su objetivo era la medición del brillo en términos absolutos, las temperaturas y la transmisión diferencial entre ambos canales. Descubrimos una ley de oscurecimiento del limbo según la cual la intensidad normalizada variaba como mu elevado a alfa, donde mu es el arco seno del ángulo determinado por la normal local al planeta y la línea del horizonte y…».

Cuando su informe llegó a este punto, u otro de similares características, se vio interrumpido por unos periodistas impacientes, no habituados a los intrincados vericuetos de la ciencia, que le espetaron sin la menor contemplación: «¡No nos hable de temas tan obtusos, por favor, denos resultados más asequibles al hombre de la calle! ¿Qué espesor tienen las nubes de Venus, a qué altura se encuentran situadas, de qué están compuestas?». Kaplan replicó, muy acertadamente, que el radiómetro de infrarrojos no estaba en modo alguno diseñado para responder a tales cuestiones, y que por tanto no había datos al respecto. Pero acto seguido añadió algo parecido a esto: «Les diré lo que yo pienso». Y empezó entonces a exponer que, desde su personal punto de vista, el efecto invernadero, según el cual una determinada atmósfera se muestra transparente ante la luz solar pero opaca a las radiaciones infrarrojas emitidas desde la superficie del planeta, imprescindible para que la superficie de Venus se mantuviera a temperatura elevada, no podía manifestarse en Venus porque los elementos integrantes de su atmósfera parecían mostrarse transparentes a longitudes de onda próximas a las 3,5 micras. Si en la atmósfera de Venus existiese algún elemento absorbente de radiación lumínica en las proximidades de la longitud de onda indicada se lograría una actuación positiva del efecto invernadero y quedaría explicada la elevada temperatura que se registra en la superficie venusiana. A modo de corolario, Kaplan indicaba que los hidrocarburos podían constituir un espléndido medio para garantizar el efecto invernadero.

Las reservas de Kaplan no fueron captadas ni recogidas por la prensa, de modo que al día siguiente diversos periódicos exhibían sus titulares con los siguientes términos: «El *Mariner 2* detecta en las nubes de Venus la presencia de hidrocarburos». En el ínterin, y trasladándonos al Jet Propulsion Laboratory, una serie de miembros del laboratorio estaban elaborando un informe de divulgación sobre los resultados de la misión que llevaría por título «*Mariner*: Misión Venus». Uno les imagina en medio de su tarea hojeando los periódicos de la mañana y diciendo: «¡Pues qué bien! No tenía la menor noticia de que hubiésemos encontrado hidrocarburos en las nubes que rodean Venus». De hecho, esta publicación recogía la presencia de hidrocarburos en las nubes venusianas como uno de los principales descubrimientos del *Mariner 2*: «La parte inferior de las nubes está alrededor de los 200° F de temperatura y probablemente están compuestas de hidrocarburos condensados en suspensión oleaginosa». (El informe también toma partido a favor

del calentamiento de la superficie de Venus gracias al efecto invernadero, aunque Velikovsky escogió creer tan sólo una parte de lo publicado).

No es difícil imaginar al director general de la NASA transmitiendo al Presidente la buena nueva en el informe anual elaborado por la administración del programa espacial, al Presidente de la nación trasladándola a su vez a los miembros del Congreso en su informe anual y a los redactores de textos de astronomía elemental, siempre ansiosos por incluir en sus obras los últimos resultados en su campo, registrando tales «descubrimientos» en sus más recientes trabajos. Con informes tan aparentemente fidedignos, autorizados y coherentes sobre el hallazgo de hidrocarburos en las nubes de Venus por parte del *Mariner 2*, no es de extrañar que Velikovsky y no pocos científicos nada sospechosos de parcialidad, pero sin la menor experiencia sobre los intrincados y misteriosos caminos de la NASA, llegaran a la conclusión de que estaban ante un innegable y clásico test de validación de una determinada teoría científica. Se partía de una predicción extravagante en apariencia efectuada antes de disponer de datos observacionales, y se acababa con una inesperada verificación experimental de la atrevida hipótesis.

Pero, como hemos tenido oportunidad de ver, la situación real era muy otra. Ni el *Mariner 2* ni ninguna otra investigación ulterior sobre la atmósfera de Venus han conseguido pruebas concluyentes sobre la existencia en ella de hidrocarburos o hidratos de carbono en forma sólida, líquida o gaseosa. Nuestros conocimientos actuales sobre el tema (Pollack, 1969) nos indican que el dióxido de carbono y el vapor de agua pueden explicar la absorción en la banda de las 3,5 micras. La misión *Pioneer* a Venus de finales de 1978 permitió determinar la cantidad de vapor de agua precisa para que, junto a la proporción de dióxido de carbono ya determinada desde tiempo atrás, pueda darse una explicación satisfactoria de la elevada temperatura que existe en la superficie de Venus gracias a la intervención del efecto invernadero. Resulta irónico que el «argumento» en favor de la existencia de hidrocarburos en las nubes de Venus a través de los datos del *Mariner 2* derive de hecho del esfuerzo para encontrar una explicación de la elevada temperatura de la superficie venusiana a través del efecto invernadero, puesto que se trata de un punto no postulado ni defendido por Velikovsky. Es asimismo irónico que posteriormente el doctor Kaplan fuese coautor de un artículo en el que se señalaba la existencia de pequeñas cantidades de metano, «gas de petróleo», tras un examen espectroscópico de la atmósfera de Venus (Connes, et al., 1967).

Para resumirlo en pocas palabras, la idea de Velikovsky de que las nubes de Venus están compuestas por hidratos de carbono no es ni original ni correcta. Fracasó el experimentum crucis.

Problema VIII: la temperatura de Venus

Existe otra curiosa circunstancia en torno a la temperatura superficial del planeta Venus. Mientras suele citarse la elevada temperatura registrada en la superficie de Venus como una predicción acertada y sustentadora de las hipótesis de Velikovsky, lo cierto es que el razonamiento que se esconde implícito tras tal conclusión y las consecuencias que se derivan de sus argumentos no parecen ser amplia y precisamente conocidos y discutidos.

Empezaremos por tomar en consideración los puntos de vista de Velikovsky sobre la temperatura de Marte (páginas 367-368). Velikovsky cree que Marte, por ser un planeta relativamente pequeño, se vio más seriamente afectado que sus oponentes, la Tierra y Venus, en las pretéritas cuasi-colisiones entre los tres cuerpos celestes, y que por tanto debe tener una temperatura bastante elevada. Como mecanismo responsable propone «una conversión de movimiento en calor», supuesto algo vago ya que el calor no es más que movimiento de moléculas, o, y es todavía más fantástico, un conjunto de «descargas eléctricas interplanetarias» capaces de «desencadenar tensiones atómicas que garantizaran radioactividad y emisión de calor».

En el mismo epígrafe afirma erróneamente que «Marte emite más calor que el que recibe del Sol», para conseguir una coherencia aparente con sus hipótesis sobre las colisiones. No obstante, se trata de una afirmación totalmente gratuita. La temperatura de Marte la han medido en repetidas ocasiones ingenios espaciales soviéticos y norteamericanos y observadores situados en nuestro planeta, y las temperaturas en cualquier punto de Marte son justamente las que cabría esperar calculándolas a partir de la luz solar absorbida por su superficie. Más aún, se trata de un punto perfectamente establecido y conocido desde la década de los 40, mucho antes de que se publicase el libro de Velikovsky. Por lo demás, a pesar de que menciona a cuatro prominentes científicos que con anterioridad a 1950 habían trabajado en la medición de la temperatura de Marte, no hace la menor referencia a sus trabajos, sino que explícita y erróneamente sostiene que tales investigadores habían llegado a la conclusión de que Marte desprendía más radiación que la recibida desde el Sol.

Se hace difícil comprender este conjunto de errores, y la hipótesis más generosa que puedo aventurar al respecto es que Velikovsky confundiera la parte visible del espectro electromagnético, la responsable del calentamiento de Marte por parte del Sol, con la zona del espectro correspondiente a las radiaciones infrarrojas, aquélla en la que Marte emite básicamente su calor radiante. No obstante, la conclusión es clara. Para ajustarse a los argumentos de Velikovsky, Marte debe ser un «planeta caliente», incluso más de cuanto lo sea Venus. Si hubiésemos descubierto que Marte era un planeta más caliente de lo esperado, quizás hubiéramos oído afirmar que nos hallábamos ante una nueva confirmación positiva de los puntos de vista de Velikovsky. No obstante, cuando se ha demostrado que Marte tenía precisamente la

temperatura que podía esperarse que tuviera, no hemos oído a nadie que dijese que se trataba de una refutación de las tesis de Velikovsky. Parece, pues, que hay un doble rasero para medir las informaciones sobre planetas.

Cuando pasamos al caso de Venus encontramos en juego una serie de argumentaciones bastante similares. Consideré realmente singular que Velikovsky no atribuya la temperatura de Venus a su eyección desde Júpiter (véase Problema I). Hemos señalado que Venus debe haber recibido calor en sus cuasi-colisiones con la Tierra y Marte, pero también (página 77) que «la cabeza del cometa… ha pasado por las proximidades del Sol y estaba en estado de incandescencia». Cuando el cometa se convirtió en el planeta Venus aún debía estar «muy caliente» y debía «desprender calor» (página ix). Nuevamente se hace referencia a observaciones astronómicas anteriores a 1950 (página 370) en las que se indicaba que el lado oscuro de Venus tenía una temperatura similar al lado iluminado. En este punto Velikovsky cita con todo cuidado los trabajos de los investigadores astronómicos, y deduce de sus trabajos (página 371) que «el lado oscuro de Venus irradia calor porque Venus es un planeta caliente». Desde luego, así es.

Creo que lo que intenta decirnos aquí Velikovsky es que su Venus, lo mismo que su Marte, irradia más calor que el que recibe del Sol, y que las temperaturas observadas tanto en su lado oscuro como en el iluminado se deben más a su propia «incandescencia» que a la radiación lumínica que actualmente recibe del Sol. Pero se trata de un serio error. El albedo bolométrico (fracción de luz solar reflejada por un objeto en todas las longitudes de onda) de Venus es de alrededor de 0,73, cifra completamente congruente con la temperatura observada en las nubes de Venus, alrededor de los 240° K. Dicho de otro modo, las nubes de Venus tienen precisamente la temperatura observada sobre la base de la cantidad de luz solar absorbida por ellas.

Velikovsky propone que tanto Venus como Marte irradian más calor del que reciben desde el Sol. Se equivoca tanto en un caso como en otro. En 1949 Kuiper (véanse las referencias bibliográficas) sugirió que Júpiter irradiaba una cantidad de calor superior a la recibida, y observaciones ulteriores han venido a demostrar que estaba en lo cierto. Pero la sugerencia de Kuiper no merece ni una simple mención dentro de *Worlds in Collision*.

Velikovsky propone que Venus es un planeta caliente a causa de sus cuasi-colisiones con la Tierra y Marte y de su paso por las cercanías del Sol. Puesto que Marte no es un planeta de temperatura especialmente elevada, la alta temperatura superficial de Venus debe atribuirse básicamente a su paso por las inmediaciones del Sol en su encarnación como cometa. No hay grandes dificultades en calcular cuánta energía puede haber llegado a recibir Venus al pasar por los alrededores del Sol y durante cuánto tiempo pudo irradiar al espacio circundante este supuesto superávit de energía. En el Apéndice 3 se verifican estos cálculos, y puede verse allí que toda esta

energía suplementaria debió perderla en un lapso de meses, como máximo unos pocos años, tras su paso cerca del Sol; no hay la menor posibilidad racional de que todo este calor suplementario pudiera ser retenido por Venus hasta llegar a la actualidad ni aun ajustándonos a la cronología que ofrece Velikovsky. Por lo demás, Velikovsky no indica a qué distancia se supone que pasó Venus del Sol, y debe tenerse en cuenta que un cruce a poca distancia entre ambos cuerpos presentaría graves problemas desde la perspectiva de la física de las colisiones ya subrayados en el Apéndice 1. Incidentalmente, cabe señalar que Velikovsky parece insinuar vagamente en su texto que el brillo de los planetas se debe, más que a la reflexión de una luz de procedencia externa, a emisión lumínica propia. En el supuesto de que tal fuera su punto de vista, puede muy bien ser la fuente de algunas de sus confusiones sobre Venus. Velikovsky no menciona en parte alguna cuál es, en su opinión, la temperatura del planeta Venus. Como ya he señalado anteriormente, en la página 77 de *Worlds in Collision* indica de forma muy vaga que el cometa que acabaría convirtiéndose en planeta Venus se hallaba en estado de «incandescencia», pero en el prefacio a la edición de 1965 (página xi) reclama haber predicho «el estado de incandescencia de Venus». Ni que decir tiene que no se trata de afirmaciones equivalentes, pues, como puede verse en el Apéndice 3, después de la hipotética cuasi-colisión con el Sol debió producirse un rápido enfriamiento del cuerpo celeste. Por lo demás, el propio Velikovsky lanza la propuesta de un enfriamiento gradual del planeta Venus en el transcurso del tiempo, con lo que se hace realmente difícil una interpretación precisa de qué pueda querer indicar cuando afirma que Venus es un cuerpo celeste «caliente».

Velikovsky escribe en su prefacio a la edición de 1965 que su postulación de una elevada temperatura superficial en el planeta Venus «estaba en franco desacuerdo con los datos experimentales conocidos en 1946». Tal afirmación no se ajusta por completo a la realidad. Una vez más la eminente figura de Rupert Wildt se alza para ensombrecer las hipótesis astronómicas de Velikovsky. Wildt, que a diferencia de Velikovsky sí comprendía a la perfección la naturaleza del problema, predijo acertadamente que Venus, y no Marte, se mostraría como planeta «caliente». En un artículo publicado en 1940 en el *Astrophysical Journal*, Wildt sostenía que la superficie de Venus tenía una temperatura mucho más elevada de cuanto solía admitirse hasta entonces en el terreno de la astronomía académica a causa del efecto invernadero generado por el dióxido de carbono. Las investigaciones espectroscópicas han descubierto no hace mucho la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera de Venus, y ya por entonces Wildt señalaba con pleno acierto que la notable cantidad de CO_2 presente en la atmósfera de Venus era la responsable de la retención de las radiaciones infrarrojas exhaladas por la superficie del planeta hasta el punto de hacer que la misma alcanzase una temperatura considerablemente elevada;

la atmósfera venusiana conseguía equilibrar la radiación solar que llega hasta ella con la emisión de infrarrojos procedente de la superficie del planeta. Según los cálculos de Wildt, la temperatura del planeta debía ser de alrededor de 400° K, aproximadamente igual a la temperatura de ebullición del agua (373° K = 212° F - 100° C). Indudablemente, los trabajos de Wildt sobre la temperatura superficial de Venus eran los más completos y precisos antes de alcanzarse la década de los 50. Y una vez más causa verdadero asombro ver cómo Velikovsky, que parece haber leído todos los artículos sobre Venus y Marte publicados en el *Astrophysical Journal* durante los años que van de 1920 a 1950, haya pasado por alto un trabajo de tal significación histórica. Hoy en día, a través de observaciones radioastronómicas efectuadas con instrumental instalado en laboratorios terrestres y los notabilísimos sondeos soviéticos llevados a cabo directamente en la atmósfera y la superficie venusianas, sabemos que la temperatura superficial de Venus difiere en muy poco de los 750° K (Marov, 1972). La presión atmosférica en la superficie de Venus es alrededor de noventa veces superior a la existente en la de nuestro planeta, y el componente fundamental de la atmósfera venusiana es el dióxido de carbono. La enorme abundancia de dióxido de carbono y las pequeñas cantidades de vapor de agua detectadas en el entorno de Venus permiten mantener la temperatura detectada en su superficie gracias al ya mencionado efecto invernadero. El módulo de descenso del *Venera* 8 soviético, el primer ingenio espacial que se ha posado sobre el hemisferio iluminado de Venus, demostró que la luz llegaba perfectamente hasta la superficie del planeta, ante lo cual los científicos soviéticos extrajeron la conclusión de que la cantidad de luz solar que llegaba hasta ella, junto con la constitución específica de la atmósfera venusiana, daban las condiciones adecuadas como para hacer posible la existencia del efecto radiante-convectivo de invernadero (Marov, et al, 1973). Los resultados reseñados se vieron confirmados por las misiones *Venera* 9 y *Venera* 10, que obtuvieron fotografías de rocas superficiales suficientemente nítidas con el exclusivo concurso de la luz solar que llega hasta Venus. Por consiguiente, Velikovsky yerra de lleno cuando afirma que «la luz solar no penetra a través del envoltorio de nubes circundante» (página ix), y muy probablemente también está en un error cuando señala en esta misma página que «el efecto invernadero no permite explicar la elevada temperatura de la superficie de Venus». Las conclusiones expuestas se vieron consolidadas con los importantes datos experimentales que aportara a finales de 1978 la misión americana *Pioneer* a Venus.

Velikovsky repite una y otra vez que Venus se va enfriando con el decurso del tiempo. Tal como hemos visto, atribuye su elevada temperatura al calentamiento que debió sufrir por radiación solar al pasar en tiempos pretéritos por las proximidades de nuestra estrella. Velikovsky compara mediciones de temperatura venusiana registradas en diferentes momentos y publicaciones y, a partir de ellas, pretende

demostrar su tesis acerca del enfriamiento. En el gráfico adjunto se recoge un conjunto objetivo de mediciones de la temperatura de Venus a través de la determinación del brillo existente en la superficie del planeta, por lo demás la única forma de computarla sin recurrir a vehículos espaciales. Los intervalos dibujados representan el grado de incertidumbre inherente a los procesos de medición según estimación de los radioastrónomos que han efectuado las observaciones. Puede verse que no existe en el gráfico el menor indicio de descenso de la temperatura con el paso del tiempo (si algo hay, es la sugerencia de un incremento de la misma con el tiempo, aunque los márgenes de error son suficientemente amplios como para que tal conclusión no encuentre apoyo sólido en datos experimentales). La medición de las temperaturas de las nubes que circundan Venus, en la banda infrarroja del espectro, nos ofrece resultados muy similares: son algo inferiores en cuanto a magnitud y no decrecen con el transcurso del tiempo. Por otra parte, las más simples consideraciones sobre las soluciones que ofrece la ecuación unidimensional de la conductividad térmica ponen de manifiesto que en un escenario como el velikovskiano todo enfriamiento por radiación hacia el espacio circundante debe haberse producido en épocas realmente pretéritas. Aun en el supuesto de que Velikovsky estuviera en lo cierto en cuanto a las causas de la elevada temperatura que se registra en la superficie de Venus, su predicción de un secular declive de la temperatura en dicho planeta seguiría siendo errónea.

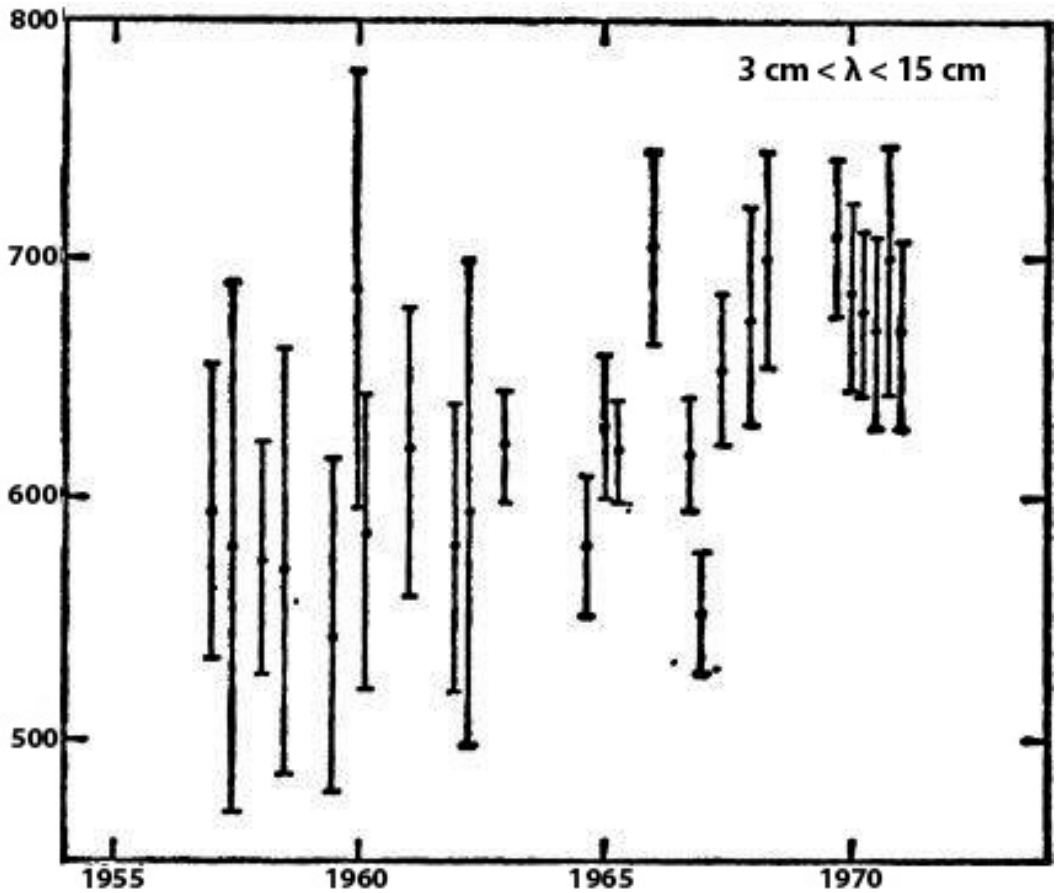


Figura 1. Medición de las temperaturas, en grados Kelvin, de Venus mediante el brillo existente en la superficie del planeta en función del tiempo (según una compilación de D. Morrison). En el gráfico no

hay el menor indicio de descenso de la temperatura superficial. La longitud de onda de la observación viene indicada con la letra λ.

La elevada temperatura superficial de Venus pasa por ser otra de las pruebas en favor de las hipótesis de Velikovsky. Pero en realidad observamos que 1) la temperatura en cuestión jamás ha sido concretamente especificada por Velikovsky; 2) el mecanismo que propone para justificar tal temperatura es totalmente inadecuado; 3) la superficie del planeta, contrariamente a sus hipótesis, no se enfría con el paso del tiempo; y 4) la idea de que la temperatura superficial de Venus es elevada había sido prevista diez años antes de la publicación de *Worlds in Collision*, justificada mediante una argumentación acertada en sus líneas esenciales y divulgada en un artículo que apareció en la publicación astronómica especializada más importante de la época.

Problema IX: los cráteres y montañas de Venus

En 1973 el doctor Richard Goldstein y sus colaboradores descubrieron una característica importante de la superficie de Venus utilizando los equipos de radar del Observatorio Goldstone del Jet Propulsion Laboratory; mediante posteriores observaciones se ha comprobado dicho descubrimiento. Gracias a ese instrumental de radar, capaz de penetrar en las nubes de Venus y recoger el reflejo sobre la superficie del planeta, encontraron que éste era montañoso en ciertas zonas y presentaba abundantes cráteres, e incluso una saturación de cráteres, como ocurre en algunos lugares de la Luna —hay tantos cráteres que se superponen entre sí—. Como en las sucesivas erupciones volcánicas se utilizan las mismas chimeneas de lava, la saturación de cráteres resulta más propia de cráteres de impacto que de cráteres de origen volcánico. No es ésta una predicción de Velikovsky, pero tampoco es ése el aspecto al que quiero referirme. Estos cráteres de la superficie de Mercurio y en las zonas de cráteres de Marte, como ocurre con los mares lunares, se deben casi exclusivamente al impacto de restos interplanetarios. A pesar de la elevada densidad de la atmósfera de Venus, los grandes objetos susceptibles de formar cráteres no se volatilizan al atravesarla. Ahora bien, los objetos colisionantes no pueden haber alcanzado Venus en los últimos diez mil años; de ser así, la Tierra también estaría cubierta de cráteres. La fuente más probable de dichas colisiones está en los objetos Apollo (asteroides cuyas órbitas cruzan la órbita de la Tierra) y en los pequeños cometas que ya hemos mencionado (Apéndice 1). Pero para que hayan producido tantos cráteres como los que hay en Venus, es necesario que el proceso de formación de éstos haya durado miles de millones de años. Alternativamente, cabe pensar que la formación de cráteres puede haber sido mucho más rápida en la primerísima época de

la historia del sistema solar, cuando los restos interplanetarios eran mucho más abundantes. Pero nada induce a creer que se hayan formado recientemente. Por otra parte, si Venus se encontraba, hace varios miles de años, en el interior de Júpiter, no hubiese podido acumular tantos impactos. La conclusión clara que se saca a partir del estudio de los cráteres de Venus es que este planeta ha sido, durante miles de millones de años, un objeto expuesto a las colisiones interplanetarias —en contradicción directa con la premisa fundamental de la hipótesis de Velikovsky.

Los cráteres venusianos están significativamente erosionados. Algunas de las rocas de la superficie del planeta, tal como pusieron de manifiesto las fotografías de los *Venera* 9 y 10, son bastante jóvenes. En otro lugar he descrito posibles mecanismos de erosión de la superficie de Venus —incluyendo el desgaste por agentes atmosféricos químicos y la lenta deformación a temperaturas elevadas (Sagan, 1976)—. Sin embargo, estos descubrimientos no encuentran ninguna apoyatura en las hipótesis de Velikovsky: la reciente actividad volcánica en Venus no tendría que ser atribuida al paso cerca del Sol o al hecho de que, en algún vago sentido, Venus es un planeta «joven», más de lo que lo requiere la reciente actividad volcánica en la Tierra.

En 1967 Velikovsky escribió: «Evidentemente, si el planeta tiene miles de millones de años, puede no haber mantenido su calor primitivo; por otra parte, cualquier proceso radioactivo capaz de producir ese calor debe tener un ritmo de desintegración muy rápido (sic) y tampoco eso cuadra con una edad del planeta medida en miles de millones de años». Desgraciadamente, Velikovsky no ha conseguido comprender dos resultados clásicos y básicos de la geofísica. La conducción térmica es un proceso mucho más lento que la radiación o la convección y, en el caso de la Tierra, el calor primigenio contribuye de forma apreciable al gradiente de temperatura geotérmica y al flujo de calor desde el interior de la Tierra. Lo mismo ocurre en el caso de Venus. Por otra parte, los núcleos radioactivos que provocan el calentamiento radiactivo de la corteza terrestre son isótopos de vida larga del uranio, el torio y el potasio —isótopos cuyas vidas medias son del orden de la edad del planeta. También aquí ocurre lo mismo en el caso de Venus.

Si fuese el caso, como cree Velikovsky, de que Venus se hubiese fundido totalmente hace unos miles de años —debido a colisiones planetarias o a cualquier otra causa— el enfriamiento por conducción no podría haber producido desde entonces más que una corteza exterior muy delgada, de unos 100 metros de espesor aproximadamente. Pero las observaciones efectuadas con radar indican la presencia de enormes cordilleras montañosas lineales, cuencas circulares y un gran desfiladero, de dimensiones comprendidas entre los centenares y los miles de kilómetros. Es muy poco probable que esas impresionantes características tectónicas o de impacto se sustenten de forma estable sobre un interior líquido con una corteza tan delgada y

frágil como ésa.

Problema X: la circularización de la órbita de Venus y las fuerzas no gravitatorias del sistema solar

La idea de que Venus puede haberse convertido, en unos pocos miles de años, de un objeto con una órbita muy excéntrica en uno con su órbita actual, que es —exceptuando el caso de Neptuno—, la órbita circular casi más perfecta de todos los planetas, no concuerda en absoluto con lo que sabemos sobre el problema de los tres cuerpos[8] de la mecánica celeste. Sin embargo, hay que admitir que ése no es un problema completamente resuelto y que, aunque lo más probable es que las hipótesis de Velikovsky tienen las de perder, no existe todavía una evidencia total en contra. Es más, cuando Velikovsky hace referencia a las fuerzas eléctricas o magnéticas, sin calcular por ello su magnitud ni describir sus efectos con detalle, nos sentimos tentados a abrazar sus puntos de vista. Sin embargo, unos sencillos razonamientos acerca de la densidad de energía magnética necesaria para circularizar un cometa ponen de manifiesto que las intensidades de campo que intervienen son desmesuradamente elevadas (Apéndice 4) —están desautorizadas por los estudios de magnetización de rocas.

También podemos abordar el problema desde un punto de vista empírico. La lógica de la mecánica newtoniana nos permite predecir con notable precisión las trayectorias de los vehículos espaciales —de tal forma que, por ejemplo, los satélites orbitales *Viking* se situaron en una órbita a menos de 100 kilómetros de la preestablecida; el *Venera 8* se situó precisamente en el lado iluminado del terminador de Venus y el *Voyager 1* se situó con exactitud en el corredor de entrada correcto, en las cercanías de Júpiter, para que pudiese viajar hasta Saturno. No se encontró ninguna misteriosa influencia eléctrica o magnética. La mecánica newtoniana resulta adecuada para predecir, con gran precisión, por ejemplo, el momento exacto en que se eclipsarán entre sí los satélites galileanos de Júpiter.

Es cierto que los cometas tienen órbitas menos predecibles, pero ello se debe, con casi total seguridad, a que se produce una ebullición de sus hielos a medida que se acercan del Sol y a un pequeño efecto cohete. La encarnación cometaria de Venus, caso de haber existido, también puede haber experimentado esa evaporación de sus hielos, pero no existe modo alguno mediante el cual el efecto cohete haya llevado preferentemente a ese cometa hacia las proximidades de la Tierra o de Marte. El cometa Halley, que ha sido observado posiblemente durante dos mil años, sigue recorriendo una órbita muy excéntrica y no se ha advertido en él la más mínima tendencia a la circularización; y sin embargo es casi tan viejo como el «cometa» de Velikovsky. Es extraordinariamente improbable que el cometa de Velikovsky, caso de

haber existido, se haya convertido en el planeta Venus.

Otros problemas

Los diez puntos anteriores constituyen los principales defectos científicos de la argumentación de Velikovsky, tal y como yo la entiendo. Anteriormente ya hice algunos comentarios acerca de las dificultades que presentaba su enfoque de los textos antiguos. A continuación enumeraré algunos de los diversos problemas que he ido encontrando al leer *Worlds in Collision*.

En la página 280 se sostiene que las lunas marcianas Fobos y Deimos han «arrebatado parte de la atmósfera de Marte» y que, por tanto, aparecen muy brillantes. Pero enseguida nos damos cuenta de que la velocidad de escape en dichos objetos —posiblemente unos 35 kilómetros por hora— es tan pequeña que les hace incapaces de retener, aun temporalmente, cualquier atmósfera; las fotografías de proximidad proporcionadas por los *Viking* no ponen de manifiesto ni atmósfera ni regiones heladas; de hecho, se cuentan entre los objetos más oscuros del sistema solar.

Al principio de la página 281, se hace una comparación entre el libro bíblico de Joel y una serie de himnos Vedas que describen «maruts». Para Velikovsky los «maruts» eran un enjambre de meteoritos que acompañaban a Marte en su mayor aproximación a la Tierra, que también considera descrita en Joel. Velikovsky afirma (pág. 286): «Joel no copió a los Vedas ni los Vedas a Joel». Sin embargo, en la página 288, Velikovsky encuentra «satisfactorio» descubrir que las palabras «Marte» y «marut» son afines. Pero, si las historias de Joel y de los Vedas son independientes, ¿cómo es posible que las dos palabras sean afines?

En la página 307 encontramos a Isaías prediciendo con exactitud el tiempo que tardará Marte en colisionar nuevamente con la Tierra, «basándose en la experiencia de perturbaciones previas». De ser así, Isaías debía ser capaz de resolver la totalidad del problema de los tres cuerpos con fuerzas eléctricas y magnéticas incorporadas y es una lástima que ese conocimiento no nos haya sido transmitido a través del Viejo Testamento.

En las páginas 366 y 367 encontramos el argumento de que Venus, Marte y la Tierra, en sus interacciones, deben tener intercambiadas sus atmósferas. Si hace unos 3500 años pasaron cantidades masivas de oxígeno molecular terrestre (20 por ciento de nuestra atmósfera) a Marte y Venus, todavía deberían existir cantidades apreciables. La escala de tiempo para la reposición del O_2 en la atmósfera terrestre es de 2000 años, y eso por un proceso biológico. En ausencia de una respiración biológica abundante, el O_2 de Marte y Venus de hace 3500 años debería estar todavía allí. Sin embargo, la espectroscopia nos enseña que, como mucho, el O_2 es un

elemento de muy poca entidad en la ya extremadamente rara atmósfera marciana (y es igualmente escaso en Venus). El *Mariner 10* encontró trazas de oxígeno en la atmósfera de Venus; eran pequeñísimas cantidades de oxígeno atómico en la atmósfera alta y no masivas cantidades de oxígeno molecular en la atmósfera baja.

La escasez de O_2 en Venus también hace insostenible la creencia de Velikovsky en fuegos de petróleo en la atmósfera baja venusiana —ni el combustible ni el oxidante existen en cantidades apreciables—. En opinión de Velikovsky, estos fuegos producirían agua, que se fotodisociaría, dando O. Así, Velikovsky necesita abundante O_2 en la atmósfera profunda para explicar el O de la atmósfera superior. De hecho, el O encontrado se explica muy bien mediante la disociación fotoquímica del componente atmosférico principal, CO_2, en CO y O. Estas distinciones parecen haberlas olvidado algunos de los defensores de Velikovsky, que han hecho de los descubrimientos del *Mariner 10* una vindicación de *Worlds in Collision*.

Velikovsky argumenta que, al no haber prácticamente oxígeno ni vapor de agua en la atmósfera marciana, debe ser algún otro componente de la atmósfera de Marte el que se derive de la Tierra. Desgraciadamente, el argumento es un *non sequitur*. Velikovsky opta por el argón y el neón, a pesar del hecho de que son componentes bastante raros de la atmósfera terrestre. Harrison Brown fue el primero, en los años 1940, en escribir el argón y el neón como componentes básicos de la atmósfera marciana. En la actualidad se descarta la existencia de algo más que trazas de neón; el *Viking* detectó un uno por ciento de argón. Pero aun cuando se hubiesen encontrado grandes cantidades de argón en Marte, ese hecho no hubiese supuesto una prueba del intercambio atmosférico defendido por Velikovsky —porque la forma más abundante del argón, ^{40}Ar, se produce por desintegración radiactiva del potasio 40, cuya existencia se supone en la corteza de Marte.

Un problema mucho más serio para Velikovsky es la ausencia relativa de N_2 (nitrógeno molecular) en la atmósfera marciana. El gas es prácticamente inerte, no congela a las temperaturas de Marte y no puede escapar rápidamente de la exosfera marciana. Es componente principal de la atmósfera terrestre, pero sólo está presente en un uno por ciento en la atmósfera de Marte. Si se produjo ese intercambio, ¿dónde está todo el N_2 en Marte? Estas pruebas acerca de un presunto intercambio de gases entre Marte y la Tierra, en el que cree Velikovsky, casi no están desarrolladas en sus escritos; y las pruebas contradicen su tesis.

Worlds in Collision es un intento de dar validez a la Biblia y a otras manifestaciones populares como la historia, cuando no la teología. He intentado leer el libro sin prejuicios. Encuentro que las concordancias mitológicas son fascinantes y que vale la pena investigarlas más a fondo, pero posiblemente puedan explicarse a través de su

difusión o por otras razones. La parte científica del texto, a pesar de toda su pretensión de «demostración», topa con por lo menos diez dificultades graves.

De las diez pruebas del trabajo de Velikovsky que hemos descrito más arriba, en ninguno de los casos sus ideas son simultáneamente originales y consistentes con la simple observación y las teorías físicas. Es más, muchas de las objeciones que se le plantean —especialmente en los Problemas I, II, III y X— son objeciones de mucho peso, basadas en las leyes del movimiento y de conservación de la física. En ciencia, un argumento aceptable debe presentar una concatenación de pruebas bien fundamentada. Si se rompe un solo eslabón de esa cadena, el argumento deja de servir. En el caso de *Worlds in Collision*, se presenta justamente la situación opuesta: prácticamente todos los eslabones de la cadena están rotos. Para sacar a flote la hipótesis se necesita un esfuerzo muy especial, el difuso invento de una nueva física y una despreocupación selectiva por una plétora de pruebas adversas. Por consiguiente, la tesis básica de Velikovsky me parece claramente insostenible desde una óptica científica.

Más todavía, con el material mitológico se presenta un problema potencialmente peligroso. Los supuestos acontecimientos se reconstruyen a partir de leyendas y cuentos populares. Pero estas catástrofes globales no figuran en la recopilación histórica o en el folklore de muchas culturas. Estas extrañas omisiones se explican, cuando llegan a detectarse, por una «amnesia colectiva». Velikovsky apuesta por las dos formas. Cuando existen concordancias, está dispuesto a sacar de ellas las conclusiones más llamativas. Cuando no se dan concordancias, la dificultad se evita mediante la «amnesia colectiva». Con un nivel de exigencias tan relativo puede demostrarse «cualquier cosa».

Debo indicar también que existe una explicación de la mayoría de los acontecimientos expuesto en el Éxodo que es mucho más plausible que la que acepta Velikovsky, una explicación que está mucho más de acuerdo con la física. El Éxodo aparece fechado en El Libro de los Reyes unos 480 años antes de la construcción del Templo de Salomón. Gracias a otros cálculos adicionales, se ha determinado que el éxodo Bíblico se produjo alrededor de 1447 a. C. (Covey, 1975). No todos los estudiosos de la Biblia están de acuerdo con esa fecha, que concuerda con la cronología de Velikovsky y, además, es sorprendentemente parecida a las fechas obtenidas, por diversos métodos científicos, correspondientes a la última y colosal explosión de la isla de Thera (o Santorini) que habría destruido la civilización Minoica en Creta y habría tenido profundas consecuencias en Egipto, situado a menos de trescientas millas al sur. La mejor datación de que disponemos de ese acontecimiento, obtenido mediante la técnica del carbono radioactivo en un árbol calcinado por las cenizas volcánicas de Thera, arroja la cifra de 1456 a. C., con un error máximo de más o menos cuarenta y tres años. La cantidad de polvo volcánico

producido es más que suficiente como para poder explicar la persistencia de la oscuridad durante tres días seguidos, mientras que los acontecimientos que conllevan pueden explicar los terremotos, el hambre, las plagas y demás catástrofes manejadas por Velikovsky. También puede haber producido un inmenso tsunami (maremoto) mediterráneo, del que Angelos Galanopoulos (1964) —el responsable de gran parte del interés geológico y arqueológico por Thera— cree que también puede explicar la bifurcación del Mar Rojo.[9] En cierto sentido, la explicación de Galanopoulos acerca de los acontecimientos que se relatan en el Éxodo resulta todavía más provocadora que la explicación de Velikovsky, puesto que Galanopoulos ha presentado pruebas moderadamente convincentes de que Thera corresponde, en la mayoría de detalles esenciales, a la civilización legendaria de la Atlántida. De estar en lo cierto, fue la destrucción de la Atlántida y no la aparición de un cometa lo que impulsó a los israelitas a abandonar Egipto.

Se dan muchas extrañas inconsistencias en *Worlds in Collision*, pero en una de las últimas páginas del libro se introduce de pasada una desviación asombrosa de la tesis fundamental. Nos enteramos de una venerable y enorme analogía entre las estructuras del sistema solar y las de los átomos. De repente, se nos presenta la hipótesis de que los movimientos errantes conocidos de los planetas, en lugar de deberse a las colisiones, son el resultado de los cambios en los niveles cuánticos de energía de los planetas, cambios provocados por la absorción de un fotón —o tal vez de varios—. Los sistemas solares están ligados por fuerzas gravitacionales; los átomos por fuerzas eléctricas. Aun cuando ambas fuerzas dependen del inverso del cuadrado de la distancia, presentan características y magnitudes totalmente distintas: una de las muchas diferencias es la de que existen cargas eléctricas negativas y positivas, mientras que la masa gravitatoria sólo tiene un signo. Conocemos lo bastante de los sistemas solares y de los átomos como para darnos cuenta de que los «saltos cuánticos» propuestos por Velikovsky para los planetas se basan en su incomprensión, tanto de las teorías como de las pruebas de que disponemos.

Por lo que yo he podido apreciar, en *Worlds in Collision* no hay ni una sola predicción matemática correcta hecha con la precisión suficiente como para que sea algo más que una vaga intuición afortunada —existe además, como he intentado poner de manifiesto, una legión de pretensiones falsas—. En ocasiones se hace observar que la existencia de una fuerte emisión de radio procedente de Júpiter es el ejemplo más notable de predicción acertada por parte de Velikovsky, pero también es cierto que todos los objetos emiten ondas de radio al estar a temperaturas superiores al cero absoluto. Las características esenciales de la emisión de radio de Júpiter —es decir, una radiación intermitente, polarizada y no térmica, así como los enormes cinturones de partículas cargadas que rodean a Júpiter, atrapadas por su intenso campo magnético— no han sido predichas por Velikovsky en ningún momento. Es

más, su «predicción» no tiene nada que ver en lo esencial con las tesis fundamentales de Velikovsky.

No basta con intuir algo correcto para demostrar necesariamente un conocimiento previo o una teoría correcta. Por ejemplo, en una obra de ciencia ficción de la primera época, fechada en 1949, Max Ehrlich concebía la situación del paso de un objeto cósmico muy cerca de la Tierra; objeto que llenaba por completo el firmamento y aterrorizaba a los habitantes de la Tierra. Pero lo que más pavor producía era el hecho de que en ese planeta que se aproximaba había una característica natural que parecía un enorme ojo. Se trata de uno de los muchos antecedentes, tanto ficticios como serios, de la idea de Velikovsky según la cual estas colisiones son frecuentes. Pero no quería referirme a eso. En una discusión acerca de las causas por las que la cara visible de la Luna presenta mares de gran tamaño y de formas suaves, mientras que en la cara oculta prácticamente no se dan, John Wood, del Smithsonian Astrophysical Observatory, propuso que la cara lunar que hoy mira hacia nosotros estuvo hace tiempo en el borde, el limbo, de la Luna, en el primer hemisferio del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra. En esa posición barrió, hace miles de millones de años, un anillo de restos interplanetarios que rodeaban a la Tierra y que habían intervenido en la formación del sistema Tierra-Luna. Según las leyes de Euler, la Luna debería haber modificado entonces su eje de rotación haciéndolo corresponder a su nuevo momento de inercia principal, de forma que su primer hemisferio debía por aquel entonces estar orientado hacia la Tierra. La conclusión más destacada es la de que hubo un tiempo, siempre según Wood, en el que lo que hoy es el limbo oriental lunar debía estar en la cara visible. Pero el limbo oriental lunar presenta un enorme elemento provocado por una colisión, hace miles de millones de años, llamado Mare Orientale, que se parece mucho a un ojo gigante. Nadie sugirió que Ehrlich acudía a la memoria de la raza sobre un fenómeno ocurrido hace tres mil millones de años cuando escribió *The Big Eye*. Se trata simplemente de una coincidencia. A medida que se vaya escribiendo más ciencia ficción y se vayan proponiendo más y más hipótesis científicas, tarde o temprano acabarán por darse coincidencias fortuitas.

¿Cómo es posible que con todos sus desaciertos, *Worlds in Collision* se haya popularizado tanto? En cuanto a esto, sólo puedo hacer suposiciones. Por una parte, se trata de un intento de dar validez científica a la religión. Las viejas historias bíblicas son ciertas al pie de la letra, nos dice Velikovsky, sólo si las interpretamos en la forma adecuada. Los judíos, por ejemplo, consiguieron sobrevivir a los faraones egipcios, a los reyes asirios y a muchos otros desastres siguiendo los dictados de las intervenciones de los cometas y debían tener, según parece indicarnos, todo el derecho de considerarse un pueblo escogido. Velikovsky pretende rescatar no sólo la religión sino también la astrología: los resultados de las guerras, los destinos de pueblos enteros, quedan determinados por las posiciones de los planetas. En cierto

sentido, su trabajo se manifiesta partidario de una cierta conexión cósmica de la humanidad —un sentimiento del que yo mismo participo, aunque en un contexto algo distinto (*The Cosmic Conection*)— y afirma en repetidas ocasiones que los pueblos y culturas de la antigüedad no eran tan ignorantes en definitiva.

El ultraje sufrido por muchos científicos normalmente apacibles al colisionar con *Worlds in Collision* ha provocado toda una secuela de consecuencias. Algunas personas se muestran justamente molestas con la pomposidad de que en ocasiones hacen gala los científicos, o se sienten muy preocupados por lo que interpretan como peligros de la ciencia y la tecnología, o tal vez tienen dificultades para entender la ciencia. Pueden encontrar algún tipo de satisfacción cuando a los científicos les ponen las peras a cuarto.

En todo el asunto de Velikovsky hay un aspecto peor que el vulgar, ignorante y sectario enfoque de Velikovsky y muchos de sus seguidores, y ha sido el desafortunado intento, llevado a cabo por algunos que se llamaban científicos, de suprimir sus escritos. Todo el armazón científico se ha visto afectado a causa de ello. En el trabajo de Velikovsky no se encuentra ninguna pretensión seria de objetividad ni de falsificación. En su rígido rechazo del inmenso cuerpo de datos que contradicen sus argumentos tampoco puede encontrarse ningún rasgo de hipocresía. Pero se supone que los científicos han de hacerlo mejor, han de darse cuenta de que las ideas se juzgarán sobre la base de sus méritos siempre que se potencie la investigación y el debate libres.

En la medida en que los científicos no hemos dado a Velikovsky la respuesta razonada que requiere su trabajo, nos hemos hecho responsables de la propagación de la confusión en torno a Velikovsky. Pero los científicos no podemos preocuparnos de todo aquello que raya en lo no científico. Así por ejemplo, la reflexión, los cálculos y la preparación de este capítulo me han restado un tiempo precioso a lo que constituye mi propia investigación. Pero también tengo que decir que no me ha resultado aburrido y, en última instancia, he entrado en contacto con lo que considero una leyenda muy interesante.

La pretensión de recuperar las religiones antiguas, en una época en que parece estarse buscando desesperadamente la raíz de la religión, algún tipo de significado cósmico de la humanidad, puede considerarse o no como una contribución válida. Creo que en las religiones antiguas hay mucho de bueno y de malo. Pero no comparto la necesidad de las medias tintas. Si nos vemos obligados a elegir —y taxativamente no lo estamos— ¿no es acaso mejor la evidencia del Dios de Moisés, Jesús o Mahoma que la del cometa de Velikovsky?

CAPÍTULO 8

NORMAN BLOOM, MENSAJERO DE DIOS

El enciclopedista Francois Diderot visitó la corte rusa invitado por la emperatriz. Conversó con entera libertad y proporcionó a los miembros más jóvenes de los círculos de la corte un ateísmo vivaz. La emperatriz estaba encantada, pero alguno de sus consejeros le sugirió la conveniencia de comprobar tales exposiciones doctrinales. La emperatriz no quiso poner freno en forma directa al discurso de su invitado y se urdió la intriga siguiente: se hizo saber a Diderot que un conocido matemático disponía de una demostración algebraica de la existencia de Dios y que deseaba ofrecérsela ante toda la Corte, si estaba dispuesto a escucharle. Diderot aceptó de buen grado; aunque no se mencionó el nombre del matemático, se trataba de Euler. Avanzó hacia Diderot y dijo con gravedad y con un tono de convencimiento perfecto: *Monsieur, (a + bn)/n = x, donc Dieu existe; repondez!* (Señor, (a + bn)/n = x, por tanto, Dios existe; responded). Diderot, para quien el álgebra era como el chino, quedó perplejo y desconcertado; mientras, resonaron carcajadas por todos lados. Pidió permiso para regresar a Francia inmediatamente, permiso que le fue concedido.

AUGUSTUS DE MORGAN, *A Budget of Paradoxes* (1872)

EN EL TRANSCURSO DE LA HISTORIA HUMANA se han producido intentos de elaborar argumentos racionales para convencer a los escépticos de la existencia de Dios o de varios dioses. Pero la mayoría de los teólogos han sostenido que la realidad última de los seres divinos es só1o cuestión de fe y, por ende, inaccesible al esfuerzo racional. San Anselmo argumentaba que, dado que puede imaginarse un ser perfecto, éste debe existir —porque no sería perfecto sin la perfección añadida de la existencia—. Este argumento llamado ontológico fue atacado en repetidas ocasiones desde dos vertientes:

¿Podemos imaginar un ser totalmente perfecto?

¿Es acaso evidente que la perfección aumenta con la existencia?

Para una mente moderna, esos argumentos piadosos más parecen tener que ver con palabras y definiciones que con la realidad externa.

Más conocido es el argumento del modelo, una línea de pensamiento que penetra profundamente en los principios de las preocupaciones científicas fundamentales. Ese argumento fue admirablemente enunciado por David Hume: *«Mirad a vuestro alrededor, contemplad el todo y cada una de sus partes; encontraréis que no es sino una gran máquina, subdividida en un número infinito de máquinas menores… Todas estas máquinas distintas, incluso en sus partes más diminutas, se ajustan entre sí con una precisión tal que despierta la admiración de todos aquellos que las hayan contemplado. La curiosa adaptación de los medios a los fines en toda la Naturaleza, coincide prácticamente, aunque la supera en gran medida, con la producción de la*

invención humana; de la capacidad, pensamiento, sabiduría e inteligencia humanos. Como, por tanto, los efectos se parecen entre sí, nos vemos llevados a inferir, de acuerdo con todas las reglas de la analogía, que las causas también se parecen; y que el Autor de la Naturaleza es, en cierta medida, parecido a la mente del hombre; aunque poseedor de facultades muy superiores proporcionadas a la grandeza del trabajo que ha realizado».

Más adelante, Hume someterá este argumento, como hizo posteriormente Emmanuel Kant, a un devastador y contundente ataque, a pesar de lo cual el argumento del modelo continuó mereciendo el favor popular —como queda patente, por ejemplo, en los trabajos de William Paley— durante los inicios del siglo XIX. En un típico párrafo de Paley puede leerse:

«No puede haber un modelo sin un modelador; ni invención sin inventor; ni orden sin elección; ni arreglo sin algo capaz de arreglar; ni servicio y relación con un propósito sin aquello que pueda proponerse un propósito; ni medios adecuados a un fin, ni capacidad de utilizarlos ni de lograr ese fin, sin que haya podido plantearse ese fin o se hayan acomodado los medios a éste. Arreglo, disposición de las partes, servicio de los medios a un fin, relación de los instrumentos con un uso, todo ello presupone la presencia de la inteligencia y de la mente».

Con el desarrollo de la ciencia moderna, pero muy especialmente con la brillante formulación de la teoría de la evolución a través de la selección natural sentada por Charles Darwin y Alfred Russel Wallace en 1859, estos argumentos aparentemente plausibles quedaron definitivamente desbaratados.

Evidentemente, no puede existir una refutación de la existencia de Dios —en especial de la existencia de un Dios suficientemente sutil—. Pero es una descortesía, tanto para la ciencia como para la religión, dejar sin respuesta los argumentos inconsistentes sobre la existencia de Dios. Más aún, los debates sobre estas cuestiones son divertidos y, cuanto menos, adiestran la mente para el trabajo útil. En la actualidad, no se plantean demasiadas discusiones sobre el tema, posiblemente porque son muy pocos los argumentos sobre la existencia de Dios susceptibles de ser comprendidos por todo el mundo. Una versión reciente y moderna del argumento del modelo me fue enviada por su autor, tal vez para asegurarse una crítica constructiva.

Norman Bloom es un norteamericano contemporáneo que incidentalmente cree ser la Segunda Reencarnación de Jesucristo. Bloom ha observado en las Escrituras y en la vida cotidiana coincidencias numéricas que cualquier otra persona pasaría por alto. Pero son tantas esas coincidencias que, según Bloom, sólo pueden ser debidas a una inteligencia invisible y el hecho de que nadie más parezca capaz de encontrar o apreciar tales coincidencias hace llegar a Bloom a la convicción de que ha sido escogido para revelar la presencia de Dios.

Bloom se ha convertido en un adorno en algunas reuniones científicas, en las que arenga a las masas presurosas y preocupadas que se desplazan de una a otra sesión. La retórica típica de Bloom es del siguiente tipo: «Y aunque me rechazáis, me despreciáis y me negáis, TODOS SERÉIS CONDUCIDOS SOLO POR MÍ. Mi voluntad se hará, porque YO os he formado de la nada. Sois la Creación de Mis Manos. Completaré Mi Creación y completaré Mi Propósito que Me he propuesto desde siempre. SOY LO QUE SOY. SOY EL SEÑOR. TU DIOS EN LA VERDAD». Si por algo peca es por su falta de modestia; todas las mayúsculas utilizadas en el texto se deben a él.

Bloom ha hecho editar un folleto fascinante en el que dice: Todo el profesorado de la Universidad de Princeton (incluyendo su personal docente y sus decanos y los jefes de los departamentos enumerados) ha coincidido en que no puede refutar, ni poner de manifiesto ningún error básico en la demostración que le fue presentada en el libro *The New World*, de setiembre de 1974. El profesorado reconoce el 1.º de junio de 1975 que acepta como una verdad establecida la IRREFUTABLE DEMOSTRACION DE QUE UNA MENTE Y UNA MANO ETERNAS HAN CONFIGURADO Y CONTROLADO LA HISTORIA DEL MUNDO A LO LARGO DE MILES DE AÑOS.

Prosiguiendo con la lectura nos enteramos de que, a pesar de que Bloom distribuyese sus demostraciones a los más de mil profesores de la Universidad de Princeton y a pesar de su ofrecimiento de un premio de $1000 para el primero que refutase su demostración, no se produjo ninguna respuesta. Después de seis meses sacó la conclusión de que, como Princeton no respondía, Princeton creía. Teniendo presentes las actitudes de los profesores universitarios, se me ha ocurrido una explicación alternativa. En cualquier caso, no creo que la falta de una respuesta constituya un apoyo irrefutable a los argumentos de Bloom.

Parece ser que Princeton no ha sido la única universidad que ha hecho gala de falta de hospitalidad para con Bloom: *Sí, en ocasiones casi innumerables he sido perseguido por la policía por traeros el regalo de mis escritos… ¿No se supone acaso que los profesores universitarios tienen la madurez, el criterio y la sabiduría necesarios para leer un escrito y determinar por sí mismos el valor de su contenido? ¿Necesitan acaso Policía PARA EL CONTROL DEL PENSAMIENTO, para decirles lo que deben o no deben leer o pensar? Pues, incluso en el Departamento de Astronomía de la Universidad de Harvard he sido perseguido por la policía por el delito de distribuir esta Lectura del Nuevo Mundo, demostración irrefutable de que el sistema tierra-luna-sol está configurado por Una mente y Una mano que lo controlan. Sí, y AMENAZADO CON LA CÁRCEL, SI VUELVO A ENSUCIAR NUEVAMENTE EL CAMPUS DE HARVARD CON MI PRESENCIA… Y ESA ES LA UNIVERSIDAD QUE TENÍA HACE TIEMPO SOBRE SU ESCUDO LA PALABRA VERITAS, VERITAS, VERITAS. Ah, ¡qué hipócritas y falsos sois!*

Las supuestas demostraciones son muchas y diversas. Todas ellas con coincidencias numéricas que Bloom considera que no se deben al azar. Tanto por su

estilo como por su contenido, los argumentos recuerdan los comentarios de los textos Talmúdicos y la ciencia cabalística de la Edad Media judía: por ejemplo, el tamaño angular de la Luna o del Sol se ve desde la Tierra según un ángulo de medio grado. Eso es justamente 1/720 de circunferencia (360°) celeste. Pero 720 = 6! =6 x 5 x 4 x 3 x 2 x l. Por tanto, Dios existe. Representa una mejora con respecto a la demostración que dio Elder ante Diderot, pero la línea de pensamiento nos resulta conocida, pues está presente en toda la historia de la religión. En 1658, el jesuita Caspar Schott, anunciaba en su *Magia Universalis Naturae et Artis* que el número de grados de gracia de la Virgen María es de $2^{256} = 2^{2\wedge 8} \cong 1.2 \times 10^{77}$ (lo que dicho sea de paso, es aproximadamente el número de partículas elementales en el universo).

Otro de los argumentos de Bloom, que él mismo describe como una «demostración irrefutable de que el Dios de la Escritura es quien configuró y controló la historia del mundo a lo largo de miles de años», es el siguiente: según los Capítulos 5 y 11 del Génesis, Abraham nació 1948 años después que Adán, en una época en la que el padre de Abraham, Terah, tenía setenta años. Pero el Segundo Templo fue destruido por los Romanos en el año 70 d. C. y el Estado de Israel se creó en 1948 d. C., Q.E.D. Resulta difícil sustraerse a la impresión de que pueda haber algún defecto en algún sitio. «Irrefutable» es una palabra excesiva. Pero el argumento constituye una refrescante diversión respecto a san Anselmo.

Sin embargo, el argumento central de Bloom y en el que se basa gran parte del resto es la pretendida coincidencia astronómica de que 235 lunaciones duran tanto, y con una precisión espectacular, como diecinueve años. De ahí: *«Fíjate, humanidad; os digo a todos vosotros que en esencia estáis viviendo en un reloj. El reloj marca perfectamente el tiempo, ¡hasta una precisión de un segundo por día!… ¿Cómo podría un reloj celestial como éste llegar a ser, sin que haya allí algún ser que con percepción y comprensión, que con un plan y con el poder, pueda hacer ese reloj?»*.

Una bonita pregunta. Para responderla, hay que tener presente que en astronomía se utilizan distintos tipos de años y distintos tipos de meses. El año sidéreo es el período que tarda la Tierra en dar una vuelta alrededor del Sol respecto a las estrellas distantes. Dura 365,2564 días (utilizaremos, al igual que hace Norman Bloom, lo que los astrónomos llamamos *días solares medios*). También hay el año trópico. Es el período que tarda la Tierra en completar una revolución alrededor del Sol respecto a las estaciones y dura 365,242199 días. El año trópico difiere del año sidéreo debido a la precesión de los equinoccios, el lento movimiento de trompo de la Tierra producido por las fuerzas gravitatorias del Sol y la Luna sobre su forma esférica achatada. Por último, está también el año llamado anomalístico, de 365,2596 días de duración. Es el intervalo entre dos sucesivas separaciones mínimas entre la Tierra y el Sol y difiere del año sidéreo a causa del lento movimiento de la órbita elíptica de la Tierra sobre su propio plano, producido por las fuerzas gravitatorias de los planetas

más cercanos.

De igual manera, existen distintos tipos de meses. Evidentemente, la palabra «mes» viene de «luna».[10] El mes sidéreo es el lapso de tiempo que tarda la Luna en dar una vuelta alrededor de la Tierra respecto a las estrellas distantes y dura 27,32166 días. El mes sinódico, también llamado lunación, es el período entre dos lunas nuevas o dos lunas llenas. Dura 29,530588 días. El mes sinódico difiere del mes sidéreo debido a que, a lo largo de una revolución sidérea de la luna alrededor de la tierra, el sistema tierra-luna ha girado un poco (un treceavo) de su trayectoria alrededor del Sol. Así, el ángulo según el cual el Sol ilumina la luna ha variado desde nuestra privilegiada posición terrestre. Ahora bien, el plano de la órbita lunar alrededor de la tierra corta el plano de la órbita terrestre alrededor del Sol en dos puntos —opuestos entre sí— llamados *nodos* de la órbita lunar. Un mes nodal o dracónico es el lapso de tiempo que tarda la luna en regresar a un mismo nodo y dura 27,21220 días. Estos nodos se desplazan, completando un circuito aparente, en 18,6 años debido a las fuerzas gravitatorias, fundamentalmente la provocada por la presencia del Sol. Por último, está también el mes anomalístico de 27,55455 días de duración, es decir, el tiempo que tarda la luna en completar una trayectoria alrededor de la tierra respecto al punto más cercano de su órbita. A continuación, ofrecemos una pequeña tabla de las diversas definiciones del año y del mes.

Tipos de años y meses, sistema Tierra-Luna.

Años	
Año sidéreo	365,2564 días solares medios
Año trópico	365,242199 días
Año anomalístico	365,2596 días
Meses	
Mes sidéreo	27,32166 días
Mes sinódico	29,530588 días
Mes nodal o dracónico	27,21220 días
Mes anomalístico	27,55455 días

Ahora bien, la demostración principal de Bloom sobre la existencia de Dios se basa en escoger uno de los tipos de año, multiplicarlo por 19 y dividir a continuación por uno de los tipos de meses. Como los años sidéreo, trópico y anomalístico son tan parecidos en cuanto a duración, se obtiene prácticamente el mismo resultado independientemente de la elección. Pero no ocurre lo mismo con los meses. Hay cuatro tipos de meses y cada uno de ellos proporciona resultados distintos. Al preguntarnos cuantos meses sinódicos hay en 19 años sidéreos, se obtiene el resultado 235,00621, tal como se anunciaba.

Es precisamente la semejanza de ese número con un número entero lo que constituye la coincidencia fundamental de la tesis de Bloom. Evidentemente, Bloom

cree que no se trata de una coincidencia.

Pero si en lugar de ello nos preguntamos cuántos meses sidéreos hay en diecinueve años sidéreos, el resultado será 254,00622; en el caso de los meses nodales será 255,02795 y en el de meses anomalísticos será 251,85937. Es cierto que el mes sinódico es el más aparente para la observación a simple vista; sin embargo, tengo la impresión de que podrían elaborarse especulaciones teológicas igualmente elaboradas tanto sobre la base de 252, 254 ó 255 como a partir de 235.

Hay que preguntarse también de dónde viene el número 19 que aparece en su argumento. La única justificación se encuentra en el encantador Salmo 19 de David, cuyo inicio es como sigue: *«Los cielos declaran la gloria de Dios y el firmamento muestra su realización. Día a día pronuncia su discurso y noche a noche muestra su sabiduría»*. Esta parece ser una cita muy adecuada en la cual encontrar una indicación para una demostración astronómica de la existencia de Dios. Pero el argumento asume lo que pretende demostrar. El argumento tampoco es único. Consideremos, por ejemplo, el Salmo 11, igualmente escrito por David. En éste encontramos las siguientes palabras, que podrían servir también en el asunto: *«El Señor está en su templo sagrado, el trono del Señor está en los cielos; sus ojos contemplan, sus párpados ponen a prueba a los hijos de los hombres»*, y en el siguiente Salmo continúa con *«los hijos de los hombres… hablan de vanidad»*.

Ahora, si nos preguntamos cuántos meses sinódicos hay en once años sidéreos (ó 4017,8204 días solares medios), el resultado será de 136,05623. Así pues, de igual forma que parece haber una conexión entre diecinueve años y 235 lunaciones, hay una conexión entre once años y 136 lunaciones. Más aún, el famoso astrónomo británico sir Arthur Stanley Eddington creía que podía deducirse toda la física a partir del número 136. (En una ocasión sugerí a Bloom que con la información anterior y una pizca de fuerza intelectual, se podría reconstruir también toda la historia de Bosnia).

Una coincidencia de ese tipo, que tiene efectivamente una gran significación, era ya conocida por los Babilonios, contemporáneos de los antiguos Hebreos. Se trata del *Saros*. Es el período entre dos sucesivos cielos semejantes de eclipses. En un eclipse solar, la Luna, que se ve desde la Tierra tan grande (1/2°) como el Sol, pasa por delante de éste. En un eclipse lunar, la sombra de la Tierra ha de proyectarse sobre la Luna. Para que se produzca cualquiera de los dos tipos de eclipse, la Luna ha de estar en fase de luna nueva o de luna llena, de forma que la Tierra, la Luna y el Sol estén alineados. Así pues, el mes sinódico tiene evidentemente algo que ver con la periodicidad de los eclipses. Pero para que se produzca un eclipse, la Luna también tiene que encontrarse cerca de uno de los nodos de su órbita. Por tanto, también interviene el mes nodal. Resulta que 233 meses sinódicos equivalen a 241,9989 (prácticamente 242) meses nodales, lo cual equivale a su vez a algo más de dieciocho

años y diez u once días (serán 111 el número de años bisiestos que intervengan) y constituye el Saros. ¿Coincidencia?

De hecho, en el sistema solar son bastante frecuentes las coincidencias numéricas de ese tipo. La razón entre el período de giro y el período orbital de Mercurio es de 3 a 2. Venus muestra a la Tierra la misma cara en su aproximación máxima en cada una de sus revoluciones alrededor del Sol. Una partícula en el espacio comprendido entre los dos anillos principales de Saturno, en la d*ivisión de Cassini*, giraría alrededor de Saturno con un período precisamente igual a la mitad del de Mimas, su segundo satélite. Análogamente, en el anillo de asteroides existen regiones vacías, conocidas con el nombre de *espacios de Kirkwood*, que corresponden a asteroides inexistentes, cuyos períodos serían la mitad del de Júpiter, un tercio, dos quintos, tres quintos, y así sucesivamente.

Ninguna de esas coincidencias numéricas prueba la existencia de Dios —y si la prueba, el argumento debe ser muy sutil, dado que esos efectos se deben a resonancias—. Por ejemplo, un asteroide que se precipitase en uno de los Espacios de Kirkwood experimentaría un bombeo gravitatorio periódico por parte de Júpiter. Mientras el asteroide daría dos vueltas alrededor del Sol, Júpiter completaría una órbita. Helo ahí, coincidiendo en el mismo punto de la órbita del asteroide a cada revolución. Pronto dejaría el asteroide de ocupar ese espacio. Estas proporciones inconmensurables de números enteros son, por lo general, consecuencias de resonancias gravitatorias en el sistema solar. Es un tipo de selección natural por perturbaciones. Con tiempo suficiente —y tiempo es de lo que dispone en abundancia el sistema solar— tales resonancias se producirán inevitablemente.

Que el resultado general de las perturbaciones planetarias son resonancias estables y no colisiones catastróficas fue demostrado por primera vez, a partir de la teoría gravitatoria newtoniana, por Pierre Simon, marqués de Laplace, quien describió el sistema solar como *«un gran péndulo de la eternidad que bate edades así como un péndulo bate segundos»*. Ahora bien, la elegancia y la simplicidad de la gravitación newtoniana pueden utilizarse como argumentos para la existencia de Dios. Podríamos imaginar universos con otras leyes gravitatorias y con interacciones planetarias mucho más caóticas. Pero en la mayoría de esos universos no hubiésemos evolucionado, precisamente a causa del caos. Estas resonancias gravitatorias no demuestran la existencia de Dios, pero, si efectivamente existe, demuestran, utilizando las palabras de Einstein, que aun siendo sutil no es maléfico.

Bloom persiste en su empeño. Por ejemplo, ha demostrado la predestinación de los Estados Unidos de América basándose en la preeminencia del número 13 en los resultados de los partidos de béisbol de primera división correspondientes a la jornada del 4 de julio de 1976. Ha aceptado mi reto y ha empezado a trabajar en el

intento de deducir parte de la historia de Bosnia a partir de la numerología —por lo menos el asesinato del Archiduque Fernando en Sarajevo, el acontecimiento que precipitó la Primera Guerra Mundial—. Uno de sus argumentos utiliza la fecha en la cual sir Arthur Stanley Eddington realizó su charla sobre su número místico 136 en la Universidad Cornell, en la que enseñó. Incluso ha llegado a hacer unos cálculos utilizando mi fecha de nacimiento para demostrar que también yo formo parte de un plan cósmico. Esos y otros casos parecidos me convencen de que Bloom no puede demostrar nada.

De hecho, Norman Bloom es una especie de genio. Si se estudia un número suficiente de fenómenos independientes y se buscan correlaciones, es evidente que se encontrará alguna. Si solo tenemos conocimiento de las coincidencias y no del enorme esfuerzo y de los múltiples intentos fracasados que han precedido al descubrimiento, podemos pensar que se ha alcanzado algo nuevo e importante. Se trata tan sólo de lo que los estadísticos llaman *la falacia de la enumeración de circunstancias favorables*. Pero encontrar tantas coincidencias como ha encontrado Norman Bloom requiere una gran pericia y mucha dedicación. En cierta forma es un objetivo desesperado, y tal vez imposible, demostrar la existencia de Dios mediante coincidencias numéricas a un público falto de interés, por no mencionar su falta de preparación matemática. Es fácil imaginar las contribuciones que el talento de Bloom hubiese podido proporcionar en otro campo. Pero creo que hay algo glorioso en su vehemente dedicación y su muy considerable intuición aritmética. Es una mezcla de talentos conferida por Dios, como alguien podría decir.

CAPÍTULO 9

CIENCIA FICCIÓN:
UN PUNTO DE VISTA PERSONAL

El ojo del poeta, girando en medio de su arrobamiento,
pasea sus miradas del cielo a la tierra y de la tierra al cielo;
y como la imaginación produce
formas de cosas desconocidas, la pluma del poeta
las diseña y da nombre y habitación a cosas etéreas que no son nada.

WILLIAM SHAKESPEARE,
Sueño de una noche de verano, acto V, escena 1

CUANDO TENÍA DIEZ AÑOS, decidí —desconociendo casi por completo la dificultad del problema— que el universo estaba lleno. Había demasiados lugares como para que éste fuese el único planeta habitado. Y a juzgar por la variedad de formas de vida en la Tierra (los árboles resultan bastante distintos comparados a la mayoría de mis amigos), pensé que la vida en otras partes debería ser muy distinta. Me esforcé por imaginar cómo podría ser la vida, pero a pesar de todo el empeño puesto en ello, siempre resultaba algún tipo de quimera terrestre, o alguna variación de las plantas y animales existentes.

Por aquella época, gracias a un amigo, conocí las novelas de Edgar Rice Burroughs sobre el planeta Marte. No había pensado mucho en Marte hasta entonces, pero a través de las aventuras de John Carter, el personaje de Burroughs, se me presentaba un mundo extraterrestre habitado, sorprendentemente variado: antiguas profundidades marinas, estaciones de bombeo en grandes canales y una multiplicidad de seres, algunos de ellos exóticos, como por ejemplo las bestias de carga de ocho patas.

La lectura de estas novelas resultaba estimulante en un principio, pero luego, poco a poco, empezaron a surgir las dudas. La trama de la primera novela sobre John Carter que leí se basaba en su olvido de que el año es más largo en Marte que en la Tierra. Pero a mí me pareció que cuando se va a otro planeta, una de las primeras cosas que uno haría es la de enterarse de la duración del día y del año (incidentalmente, no recuerdo que Carter mencionase el notable hecho de que el día marciano es casi tan largo como el día terrestre. Es como si *esperase* que se reprodujesen las características habituales de su planeta natal en cualquier otro sitio). Había también otras observaciones menores en un principio sorprendentes, pero que tras una serena reflexión resultaban decepcionantes. Por ejemplo, Burroughs comenta

de pasada que en Marte existen dos colores primarios más que en la Tierra. Estuve muchos minutos con los ojos fuertemente cerrados, concentrándome en un nuevo color primario. Pero siempre veía un marrón oscuro parecido al de las pasas. ¿Cómo podía haber otro color primario en Marte, y mucho menos dos? ¿Qué *era* un color primario? ¿Era algo que tenía que ver con la física o con la psicología? Decidí que Burroughs podía no saber de qué estaba hablando, pero que conseguía hacer reflexionar a sus lectores. Y en los numerosos capítulos en los que no había mucho que pensar, había afortunadamente, en cambio, malignos enemigos y valientes espadachines; más que suficiente para mantener el interés de un ciudadano de diez años durante un verano en Brooklyn.

Un año más tarde, di por pura casualidad con una revista titulada *Astounding Science Fiction* en una tienda del barrio. Una rápida ojeada a la portada y al interior me hicieron saber que era lo que había estado buscando. No sin esfuerzo junté el dinero para pagarla; la abrí al azar, me senté en un banco a menos de diez metros de la tienda y leí mi primer cuento moderno de ciencia ficción, *Pete puede arreglarlo*, por Raymond F. Jones, una agradable historia de viajes a través del tiempo después del holocausto de una guerra nuclear. Había oído hablar de la bomba atómica —recuerdo que un amigo mío me explicó muy excitado que estaba compuesta por átomos— pero fue la primera vez que vi planteadas las implicaciones sociales del desarrollo de las armas nucleares. Me hizo pensar. Pero el pequeño aparato que el mecánico Pete colocaba en los automóviles de sus clientes para que pudiesen realizar breves viajes admonitorios por el reino del futuro, ¿en qué consistía? ¿Cómo estaba fabricado? ¿Cómo se podía penetrar en el futuro y luego regresar? Si Raymond F. Jones lo sabía, no lo estaba diciendo.

Me sentí atrapado. Cada mes esperaba impacientemente la salida de *Astounding*. Leí a Julio Verne y a H. G. Wells, leí de cabo a rabo las dos primeras antologías de ciencia ficción que pude encontrar, rellené fichas parecidas a las que rellenaba para los juegos de béisbol sobre la calidad de lo que leía. Muchas de esas historias tenían el mérito de plantear cuestiones interesantes, pero muy poco peso a la hora de responderlas.

Hay una parte de mí que todavía tiene diez años. Pero en conjunto soy mayor. Mis facultades críticas y tal vez también mis preferencias literarias han mejorado. Al releer la obra de L. Ron Hubbard titulada *The End Is Not Yet*, que leí por primera vez cuando tenía catorce años, quedé tan sorprendido de lo mala que era respecto a la que recordaba, que me planteé seriamente la posibilidad de que existiesen dos novelas con el mismo título y del mismo autor, pero de calidad totalmente distinta. Pero ya no consigo mantener esa aceptación crédula que había tenido. En *Neutron Star* de Larry Niven, la trama gira alrededor de las sorprendentes fuerzas atractivas ejercidas por un poderoso campo magnético. Pero nos vemos obligados a considerar que dentro de

cientos o miles de años, en la época en que un vuelo interestelar es algo común, esas fuerzas atractivas ya han sido olvidadas. Nos vemos obligados a creer que la primera exploración de una estrella de neutrones la llevará a cabo un vehículo espacial tripulado y no un vehículo espacial instrumental. Se nos pide demasiado. En una novela de ideas, las ideas han de funcionar.

Sentí el mismo desasosiego muchos años antes, al leer la descripción de Verne a propósito de que la ingravidez en un viaje a la luna sólo se producía en el punto del espacio en el que las fuerzas gravitatorias de la Tierra y la Luna se anulaban, o al toparme con el invento de Wells de un mineral antigravitatorio llamado cavorita. ¿Por qué existía un filón de cavorita en la Tierra? ¿Por qué no se precipitó en el espacio hace muchos años? En el filme de ciencia ficción *Silent Running*, de Douglas Trumbull, sobresaliente desde el punto de vista técnico, se mueren los árboles en amplios y cerrados sistemas ecológicos espaciales. Tras semanas de ímprobos trabajos y de una interminable búsqueda en los manuales de botánica, se da con la solución: resulta ser que las plantas necesitan luz solar (!). Además, los personajes de Trumbull son capaces de construir ciudades interplanetarias, pero han olvidado la ley del cuadrado inverso. Estaba dispuesto a pasar por alto la caracterización de los anillos de Saturno como gases coloreados al pastel, pero eso no.

Tuve la misma impresión con una película de la serie *Star Trek*, aunque reconozco que presupone una gran maestría; algunos amigos juiciosos me han apuntado que debo considerarla alegóricamente y no literalmente. Pero cuando los astronautas procedentes de la Tierra llegan a un planeta muy alejado y encuentran allí seres humanos en pleno conflicto entre dos superpotencias nucleares —que se denominan Yangs y Corns, o sus equivalentes fonéticos— la suspensión de la incredulidad se desmorona. En una sociedad terrestre global dentro de siglos y siglos, los oficiales de la nave son embarazosamente Anglo-Americanos. Tan sólo dos de los doce o quince vehículos interestelares tienen nombres no ingleses, *Kongo* y *Potemkin* (¿por qué no *Aurora*?). Y la idea de un cruce fructífero entre un vulcano y un terrestre deja por completo de lado la biología molecular que conocemos (como he hecho observar en algún otro momento, ese cruce tiene tantas probabilidades de éxito como el cruce entre un hombre y una petunia). Según Harlan Ellison, incluso esas novedades biológicas menores como las orejas puntiagudas de Mr. Spock y sus cejas indisciplinadas eran consideradas excesivamente atrevidas por los promotores de la película; estas enormes diferencias entre Vulcanos y humanos sólo iban a confundir al público, pensaban, y se intentó eliminar todas las características que supusiesen singularidades fisiológicas de los Vulcanos. Se me plantean problemas parecidos en aquellas películas en las que animales conocidos, aunque ligeramente modificados —arañas de diez metros de altura— amenazan ciudades terrestres: dado que los insectos y los arácnidos respiran por difusión, esos merodeadores morirían por asfixia antes de

poder destrozar una ciudad.

Creo que dispongo de las mismas ansias de lo maravilloso que cuando tenía diez años. Pero desde entonces he aprendido algo acerca de cómo está organizado el mundo. La ciencia ficción me ha llevado a la ciencia. Encuentro la ciencia más sutil, más complicada y más aterradora que gran parte de la ciencia ficción. Basta con tener presentes algunos de los descubrimientos científicos de las últimas décadas: que Marte está cubierto por antiguos ríos secos; que los monos pueden aprender lenguajes de centenares de palabras, comprender conceptos abstractos y construir nuevos usos gramaticales; que existen partículas que atraviesan sin esfuerzo toda la Tierra de forma que hay tantas que emergen por debajo de nuestros pies como las que caen desde el cielo; que en la constelación del Cisne hay una estrella doble, uno de cuyos componentes posee una aceleración gravitacional tan elevada que la luz es incapaz de escaparse de él: puede resplandecer por dentro a causa de la radiación, pero resulta invisible desde el exterior. Frente a todo esto, muchas de las ideas corrientes de la ciencia ficción palidecen, en mi opinión, al intentar compararlas. Considero que la relativa ausencia de estos hechos en los relatos y las distorsiones del pensamiento científico que se dan a veces en la ciencia ficción son oportunidades perdidas. La ciencia real puede ser un punto de partida hacia la ficción excitante y estimulante tan bueno como la ciencia falsa, y considero de gran importancia aprovechar todas las oportunidades que permitan inculcar las ideas científicas en una civilización que se basa en la ciencia pero que no hace prácticamente nada para que ésta sea entendida.

Pero lo mejor de la ciencia ficción sigue siendo muy bueno. Hay historias tan sabiamente construidas, tan ricas al ajustar detalles de una sociedad desconocida, que me superan antes de tener ocasión de ser crítico. Entre esas historias hay que citar *The Door into Summer* de Robert Heinlein, *The Stars My Destination* y *The Demolished Man* de Alfred Bester, *Time and Again* de Jack Finney, *Dune* de Frank Herbert y A *Canticle for Leibowitz* de Walter M. Miller. Las ideas contenidas en esos libros hacen pensar. Los aportes de Heinlein sobre la posibilidad y la utilidad social de los robots domésticos soportan perfectamente el paso de los años. Las aportaciones a la ecología terrestre proporcionadas por hipotéticas ecologías extraterrestres, como ocurre en *Dune*, constituyen, en mi opinión, un importante servicio social. En *He Who Shrank*, Harry Hasse presenta una fascinante especulación cosmológica que ha sido reconsiderada seriamente en la actualidad, la idea de un regreso infinito de los universos, en el cual cada una de nuestras partículas elementales es un universo de nivel inferior y nosotros somos una partícula elemental del siguiente universo superior.

Pocas novelas de ciencia ficción combinan extraordinariamente bien una profunda sensibilidad humana con un tema habitual de esta especialidad. Pienso en *Rogue Moon* de Algis Budrys y en muchas de las obras de Ray Bradbury y Theodore

Sturgeon, por ejemplo. Como *To Here and the Easel*, de éste último, novela en la cual se describe la esquizofrenia vista desde dentro y constituye una sugerente introducción al *Orlando Furioso* de Ariosto.

El astrónomo Robert S. Richardson escribió una sutil historia de ciencia ficción sobre el origen de la creación continua de los rayos cósmicos. La historia *Breathes There a Man* de Isaac Asimov proporciona una serie de penetrantes observaciones sobre la tensión emocional y el sentido de aislamiento de algunos de los más importantes científicos teóricos. La obra de Arthur C. Clarke *The Nine Billion Names of God* incitó a muchos lectores occidentales a una intrigante especulación sobre las religiones orientales.

Una de las cualidades de la ciencia ficción es la de poder transmitir fragmentos, sugerencias y frases de conocimientos normalmente desconocidos o inaccesibles al lector común. *And He Built a Crooked House* de Heinlein posiblemente fue para muchos lectores la primera introducción a la geometría tetradimensional con alguna posibilidad de ser entendida. En un trabajo de ciencia ficción reciente se presentan las matemáticas del último intento de Einstein en torno a la teoría del campo unificado; en otro se expone una importante ecuación relativa a la genética de poblaciones. Los robots de Asimov eran «positrónicos», porque se acababa de descubrir el positrón. Asimov nunca explicó cómo los positrones hacían funcionar los robots, pero al menos sus lectores oyeron hablar de positrones. Los robots rodomagnéticos de Jack Williamson funcionaban con rutenio, rodio y paladio, constituyentes del Grupo VII de los metales en la tabla periódica tras el hierro, el níquel y el cobalto. Se sugirió una analogía con el ferromagnetismo. Supongo que en la actualidad hay robots de ciencia ficción en los que intervienen los *quarks* o el *encanto* y que proporcionan una breve puerta de entrada al excitante mundo de la física contemporánea de las partículas elementales. *Last Darkness Fall*, de Sprague de Camp, es una excelente introducción a Roma en la época de la invasión gótica y la serie de *Foundation*, de Asimov, aunque no se explique en los libros, constituye un resumen muy útil de una parte de la dinámica del ya lejano Imperio Romano. Las historias de viajes a través del tiempo —por ejemplo, en los notables ensayos de Heinlein, *All You Zombies, By His Kootstraps* y *The Door into Summer*— fuerzan al lector a contemplar la naturaleza de la causalidad y el devenir del tiempo. Son libros sobre los que se reflexiona mientras el agua va llenando la bañera o mientras se pasea por los bosques tras una primera nevada de invierno.

Otra de las grandes cualidades de la moderna ciencia ficción reside en algunas de las formas artísticas que pone de manifiesto. Llegar a tener una imagen mental de cómo debe ser la superficie de otro planeta ya es algo, pero examinar cualquiera de las pinturas meticulosas de la misma escena debidas a Chesley Bonestell en su primera época es algo muy distinto. El sentido del maravilloso mundo astronómico es

espléndidamente plasmado por algunos de los mejores artistas contemporáneos: Don Davis, Jon Lomberg, Rick Sternbach, Robert McCall. Y en los versos de Diane Ackerman puede entreverse el anuncio de una poesía astronómica madura, plenamente en sintonía con los temas habituales de la ciencia ficción.

Las ideas de la ciencia ficción se presentan en la actualidad de muy diversas maneras. Tenemos los escritores de ciencia ficción como Isaac Asimov y Arthur C. Clarke, capaces de proporcionar resúmenes convincentes y brillantes en forma no ficticia de muchos aspectos de la ciencia y la sociedad. Algunos científicos contemporáneos han llegado a un público más amplio a través de la ciencia ficción que a través de sus propias disciplinas. Por ejemplo, en la interesante novela *The Listeners*, de James Gunn, se encuentra el siguiente comentario enunciado hace cincuenta años sobre mi colega, el astrónomo Frank Drake: «¡Drake! ¿Qué es lo que sabía?». Pues resultó que mucho. También encontramos verdadera ciencia ficción disfrazada de hechos en una vasta proliferación de escritos y organizaciones de creyentes pseudocientíficos.

Un escritor de ciencia ficción, L. Ron Hubbard, ha fundado un culto con no poca aceptación llamado Cienciología, inventado, según me han referido, en una sola noche tras una apuesta, según la cual tenía que hacer lo mismo que Freud, inventar una religión y ganarse la vida con ella. Las ideas clásicas de la ciencia ficción han quedado institucionalizadas en los objetos voladores no identificados y en los sistemas que creen en astronautas de la antigüedad —aunque tengo reparos de no asegurar que Stanley Weinbaum (en *The Valley of Dreams*) lo hizo mejor, y antes, que Erich von Daniken y R. De Witt en *Within the Pyramid* consiguen anticiparse tanto a von Daniken como a Velikovsky y ofrecer una hipótesis del supuesto origen extraterrestre de las pirámides más coherente que la que puede encontrarse en cualquier escrito sobre antiguos astronautas y piramidología—. En *Wine of the Dreamers*, John D. MacDonald (un autor de ciencia ficción actualmente convertido en uno de los escritores contemporáneos de policial negro más interesantes) escribía: «Y existen indicios, en la mitología terrestre…, de grandes naves y carros que cruzaban el cielo». La historia *Farewell to the Master*, escrita por Harry Bates, se convirtió en una película titulada *The Day the Earth Stood Still* (que dejó de lado el elemento esencial del argumento, que quien tripulaba el vehículo extraterrestre era el robot y no el ser humano). La película, con sus imágenes de un platillo volante sobre el cielo de Washington, jugó un papel importante, en opinión de ciertos investigadores conocidos, en la «oleada» de OVNIs sobre Washington D.C. en 1952, apenas posterior al estreno de la película. Muchas novelas populares actuales del género de espionaje, por la frivolidad de sus descripciones y la poca consistencia de sus argumentos, resultan calcadas de aquella ciencia ficción superficial de los años 30 y 40.

La interrelación entre ciencia y ciencia ficción produce resultados curiosos algunas veces. No siempre queda claro si la vida imita al arte o si ocurre al revés. Por ejemplo, Kurt Vonnegut Jr. ha escrito una soberbia novela epistemológica, *The Sirens of Titan*, en la que se postula un medio ambiente no totalmente adverso en la luna mayor de Saturno. Desde que en los últimos años diversos científicos, entre los que me incluyo, hemos presentado indicios de que Titán posee una atmósfera densa y posiblemente temperaturas superiores a las esperadas, muchas personas me han hecho comentarios sobre la predicción de Kurt Vonnegut. Pero Vonnegut era graduado en física por la Universidad de Cornell, y por tanto podía conocer los últimos descubrimientos astronómicos (muchos de los mejores escritores de ciencia ficción tienen una base de ingeniería o de ciencias, como por ejemplo Poul Anderson, Isaac Asimov, Arthur C. Clarke, Hal Clement y Robert Heinlein). En 1944 se descubrió una atmósfera de metano en Titán, el primer satélite del sistema solar del cual se supo que tenía atmósfera. Tanto en éste como en muchos otros casos, el arte imita a la vida.

El problema ha sido que nuestra comprensión de los demás planetas ha crecido más rápidamente que las representaciones que de ellos hace la ciencia ficción. La reconfortante zona de penumbra en un Mercurio en rotación síncrona, un Venus de pantanos y selvas y un Marte infestado de canales son tópicos clásicos de la ciencia ficción, pero todos ellos se basan en anteriores equivocaciones de los astrónomos planetarios. Las ideas erróneas se transcribían fielmente en los relatos de ciencia ficción, leídos por muchos de los jóvenes que irían a convertirse en la siguiente generación de astrónomos planetarios —por tanto, estimulando el interés de los jóvenes, pero simultáneamente dificultando aún más la corrección de las equivocaciones de los mayores—. Pero al ir variando nuestro conocimiento de los planetas, también ha variado el contexto de los correspondientes relatos de ciencia ficción. Ya resulta poco frecuente encontrar relatos escritos en la actualidad en los que aparezcan campos de algas sobre la superficie de Venus (incidentalmente, cabe decir que los propagandistas del mito acerca de los contactos con OVNIs se adaptan más lentamente y todavía podemos encontrar historias de platillos volantes procedentes de un Venus habitado por hermosos seres con túnicas blancas, de una especie de cierto Jardín del Edén. Las temperaturas de 480° C existentes en Venus proporcionan una forma de verificar la veracidad de tales relatos). Asimismo, la idea de una «curvatura del espacio» es un viejo recurso de la ciencia ficción, pero que no nació de ella. Surgió de la Teoría General de la Relatividad de Einstein.

La relación entre las descripciones que de Marte hace la ciencia ficción y la exploración actual del planeta es tan estrecha, que después de la misión del *Mariner 9* a Marte somos capaces de atribuir a algunos cráteres marcianos nombres de personalidades fallecidas del mundo de la ciencia ficción (véase el capítulo 11). Así,

en Marte hay cráteres llamados H. G. Wells, Edgar Rice Burroughs, Stanley Weinbaum y John W. Campbell, Jr. Estos nombres han sido aprobados oficialmente por la *International Astronomical Union*. Sin duda alguna, a esos nombres se agregarán los de otras personalidades de la ciencia ficción tan pronto como fallezcan.

El enorme interés que despierta en los jóvenes la ciencia ficción se refleja en las películas, los programas de televisión, los comics y en la demanda de cursos de ciencia ficción en la enseñanza secundaria y superior. Mi experiencia personal es la de que tales cursos pueden convertirse en interesantes experiencias educativas o en desastres, en función de cómo se programen. Los cursos en los que las lecturas son seleccionadas por los propios estudiantes no les proporcionarán la oportunidad de leer lo que no han leído. Los cursos en los que no se intenta extender la línea argumental de la ciencia ficción para situar los elementos científicos adecuados dejarán de aprovechar una gran oportunidad educativa. Pero los cursos de ciencia ficción programados adecuadamente, en los que la ciencia o la política constituyen un componente integral, tienen en mi opinión una larga y provechosa vida en los planes de estudio.

La mayor significación de la ciencia ficción para el hombre puede darse en tanto que experimento sobre el devenir, como exploración de destinos alternativos, como intento de minimizar el choque del futuro. Esta es parte de la razón por la cual la ciencia ficción presenta interés para los jóvenes: son *ellos* quienes vivirán el futuro. Creo firmemente que ninguna sociedad actual se encuentra bien adaptada para la Tierra de dentro de uno o dos siglos (si somos lo suficientemente prudentes o afortunados para sobrevivir hasta entonces). Necesitamos desesperadamente una exploración de futuros alternativos, tanto experimentales como conceptuales. Las novelas y los relatos de Eric Frank Russell apuntan mucho en este sentido. En ellos podemos encontrar sistemas económicos alternativos imaginables, o la gran eficacia de una resistencia pasiva unificada ante un poder invasor. En la ciencia ficción moderna también se pueden encontrar sugerencias útiles para llevar a cabo una revolución en una sociedad tecnológica muy mecanizada, como en *The Moon Is a Harsh Mistress*, de Heinlein.

Cuando estas ideas se asimilan en la juventud, pueden influir en el comportamiento adulto. Muchos científicos que dedican sus esfuerzos a la exploración del sistema solar (entre los que me incluyo) se orientaron por primera vez hacia ese campo gracias a la ciencia ficción. Y el hecho de que parte de la ciencia ficción no fuese de gran calidad no tiene mayor importancia. Los jóvenes de diez años no leen literatura científica.

No sé si es factible viajar a través del tiempo hacia el pasado. Los problemas de causalidad que eso supondría me hacen ser muy escéptico. Pero hay gente que piensa

en ello. Las que han dado en llamarse *líneas temporales cerradas* —trayectorias en el espacio-tiempo que permiten viajar a través del tiempo sin restricciones— aparecen en algunas soluciones de las ecuaciones de campo en la relatividad general. Una pretensión reciente, tal vez errónea, es la de que las líneas temporales aparecen en las proximidades de los grandes cilindros en rotación rápida. Me pregunto hasta qué punto ha influido la ciencia ficción en los problemas de la relatividad general. De la misma manera, los encuentros de la ciencia ficción con características culturales alternativas pueden desempeñar un papel importante en la actualización del cambio social fundamental.

En toda la historia del mundo no ha habido ninguna época en la que se hayan producido tantos cambios significativos como en ésta. La predisposición al cambio, la búsqueda reflexiva de futuros alternativos es la clave para la supervivencia de la civilización y tal vez de la especie humana. La nuestra es la primera generación que se ha desarrollado con las ideas de la ciencia ficción. Conozco muchos jóvenes que evidentemente se interesarían, pero que no quedarían pasmados, si recibiésemos un mensaje procedente de una civilización extraterrestre. Ellos ya se han acomodado al futuro. Creo que no es ninguna exageración decir que, si sobrevivimos, la ciencia ficción habrá hecho una contribución vital a la continuación y evolución de nuestra civilización.

NUESTRO ESPACIO PRÓXIMO

CAPÍTULO 10

LA FAMILIA DEL SOL

Como una lluvia de estrellas, los mundos giran, arrastrados por los vientos de los cielos, y son transportados a través de la inmensidad; soles, tierras, satélites, cometas, estrellas fugaces, humanidades, cunas, sepulturas, átomos del infinito, segundos de eternidad, transforman continuamente los seres y las cosas.

CAMILLE FLAMMARION,
Astronomic Populaire

IMAGINEMOS QUE LA TIERRA hubiese sido escrutada por algún cuidadoso y extremadamente paciente observador extraterrestre: hace 4600 millones de años el planeta completaba su condensación a partir de gas y polvo interestelar y los últimos y diminutos planetas se precipitaban sobre la Tierra produciendo enormes cráteres de impacto; el interior del planeta va elevando su temperatura gracias a la energía potencial gravitatoria de acreción y a la desintegración radiactiva, diferenciando el núcleo de hierro liquido del manto y la corteza silíceos; gases ricos en hidrógeno y en agua susceptible de condensarse fluyen desde el interior del planeta hacia la superficie; una química orgánica cósmica bastante monótona fabrica moléculas complejas que apuntan hacia sistemas moleculares de autoduplicación extraordinariamente sencillos: los primeros organismos terrestres; a medida que va disminuyendo el suministro de rocas interplanetarias que caen sobre la Tierra, las aguas corrientes, la formación de montañas y otros procesos geológicos destruyen las cicatrices existentes desde el origen de la Tierra; se establece un amplio mecanismo planetario de convección que transporta material del manto hasta los fondos oceánicos y de ahí a los márgenes continentales, mientras el roce de las placas en movimiento crea las grandes cadenas de plegamientos montañosos y la configuración general de las tierras y los océanos, modificando continuamente el terreno tropical y glaciar. Al mismo tiempo, la selección natural escoge, de entre una amplia variedad de alternativas, aquellas variedades de sistemas moleculares de autoduplicación mejor adaptadas a los cambios ambientales; las plantas van utilizando luz visible para descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno y el hidrógeno escapa al espacio, modificando la composición química de la atmósfera de reductora a oxidante; eventualmente, surgen organismos de cierta complejidad y de inteligencia media.

Y en esos 4600 millones de años, nuestro hipotético observador queda sorprendido por el aislamiento de la Tierra. Recibe luz solar y rayos cósmicos —de gran importancia para la biología— e impactos ocasionales de restos interplanetarios.

Pero ninguno, en todos esos eones de tiempo, abandona el planeta. Entonces el planeta empieza súbitamente a expulsar pequeños agregados de materia hacia el sistema solar interno, colocándolos primero en órbita alrededor de la Tierra y posteriormente en el satélite natural yermo y sin vida, la Luna. Seis cápsulas —pequeñas, aunque mayores que las demás— alcanzan la Luna, cada una de ellas con dos pequeños bípedos que exploran brevemente su entorno y regresan apresuradamente a la Tierra, habiendo dado de esta forma un primer paso en el océano cósmico. Once pequeños vehículos espaciales penetran en la atmósfera de Venus, un mundo realmente duro, y seis de ellos consiguen sobrevivir unas decenas de minutos antes de derretirse. Se lanzan ocho vehículos espaciales con destino a Marte. Tres consiguen ponerse en órbita alrededor del planeta; otro pasa cerca de Venus, en dirección hacia Mercurio, según una trayectoria escogida a propósito para hacerlo pasar varias veces cerca del planeta más interior. Otros cuatro logran atravesar con éxito el anillo de asteroides, se acercan a Júpiter y de ahí son proyectados hacia el espacio interestelar por la gravedad del planeta mayor. Resulta evidente que algo interesante está sucediendo últimamente en el planeta Tierra.

Si los 4600 millones de años de la historia de la Tierra pudiesen comprimirse en un solo año, este frenesí de exploración espacial hubiese ocupado la última décima de segundo, y los cambios fundamentales en la actitud y en el conocimiento que explican esa importante transformación ocupaba tan sólo los últimos segundos. En el siglo XVII se produjo la primera utilización generalizada de lentes y espejos con fines astronómicos. Con el primer telescopio astronómico, Galileo quedó sorprendido y maravillado al ver a Venus como una lúnula, y también las montañas y los cráteres de la Luna. Johannes Kepler pensaba que los cráteres los habían construido seres inteligentes, habitantes de ese mundo. Pero el físico holandés del siglo XVII Christian Huygens no se mostraba de acuerdo; sugirió que el esfuerzo que debía realizarse para construir esos cráteres lunares era desproporcionadamente grande y que debía haber explicaciones alternativas para esas depresiones circulares.

Huygens constituía un ejemplo de la síntesis entre una tecnología avanzada, una gran destreza práctica, una mente razonable, aguda y escéptica y una buena predisposición ante las nuevas ideas. Fue el primero en sugerir que lo que vemos es la atmósfera y las nubes sobre Venus; el primero en comprender algo de la verdadera naturaleza de los anillos de Saturno (que Galileo había considerado como dos *masas* circundando el planeta); el primero en dibujar una zona notable de la superficie marciana (*Syrtis Major*); y el segundo, tras Robert Hooke, en dibujar la Gran Mancha Roja de Júpiter. Estas dos últimas observaciones siguen teniendo importancia científica, puesto que significan la permanencia de esas características por lo menos durante tres siglos.

Evidentemente, Huygens no era un astrónomo moderno tal como lo entendemos

hoy. No pudo sustraerse totalmente a la forma de pensar de su tiempo. Por ejemplo, sostenía un curioso argumento del que podía deducir la presencia de cáñamo en Júpiter: Galileo había observado que Júpiter tenía cuatro lunas. Huygens formuló una pregunta que muy pocos astrónomos planetarios modernos se harían: ¿Por *qué* Júpiter tiene cuatro lunas? Para poder responder a esa pregunta, pensaba, habría que plantearse la misma cuestión a propósito de la única luna de la Tierra, cuya función, además de proporcionar algo de luz por la noche y de provocar las mareas, consistía en ofrecer una ayuda a la navegación de los marinos. Si Júpiter dispone de cuatro lunas, tiene que haber muchos marinos en aquel planeta. Pero al haber marinos, hay barcos y, por tanto, velas; al haber velas, hay cuerdas y, por tanto, cáñamo. Me pregunto cuántos só1idos argumentos científicos actuales resultaran igualmente sospechosos con la perspectiva de tres siglos.

Un índice útil de nuestro conocimiento sobre un planeta es el número de bits de información necesarios para caracterizar nuestra comprensión de su superficie. Podemos considerarlo como el número de puntos blancos y negros en el equivalente de una foto de periódico que, cubriendo toda la extensión con los brazos abiertos, resumiese todo el conjunto de imágenes existentes. En el tiempo de Huygens, unos diez bits de información, obtenidos mediante breves observaciones con telescopios, cubrían todo nuestro conocimiento de la superficie de Marte. En la época de máxima proximidad entre Marte y la Tierra, en el año 1877, ese número posiblemente ascendiese a unos miles, excluyendo una gran cantidad de información errónea —por ejemplo, dibujos de los *canales* de los que, en la actualidad, se sabe que son totalmente ilusorios. Gracias a la observación visual posterior y al desarrollo de la fotografía astronómica desde la Tierra, la cantidad de información fue creciendo lentamente hasta que se produjo un punto singular en la curva, que corresponde al acontecimiento de la exploración del planeta mediante un vehículo.

Las veinte fotografías obtenidas en 1965 por el vuelo de aproximación del *Mariner 4* supusieron cinco millones de bits de información, cantidad que equivale a todo el conocimiento fotográfico previo sobre el planeta. Sin embargo, sólo llegó a cubrirse una pequeña fracción. La misión de aproximación compuesta por los *Mariner 6* y *7*, en 1969, hizo aumentar ese número en un factor 100 y el vehículo orbital *Mariner 9*, en 1971 y 1972, volvió a aumentarlo en otro factor 100. Los resultados fotográficos del *Mariner 9* sobre Marte corresponden aproximadamente a unas 10 000 veces el total del conocimiento fotográfico previo de Marte obtenido a lo largo de la historia de la humanidad. Podría hablarse de avances parecidos en cuanto a los datos espectroscópicos en infrarrojo y ultravioleta obtenidos por el *Mariner 9* si se comparan con los mejores datos previos obtenidos desde la Tierra.

Paralelamente a los progresos en la cantidad de nuestra información, se da también un avance espectacular de su calidad. Antes del *Mariner 4*, el elemento más

pequeño de la superficie de Marte que podía detectarse con ciertas garantías media varios centenares de kilómetros. Después del *Mariner 9*, un pequeño porcentaje del planeta ha podido observarse con una resolución efectiva de 100 metros, una mejora de la resolución en un factor 1000 en los diez últimos años y en un factor 10 000 desde el tiempo de Huygens. El proyecto *Viking* ha de proporcionar todavía más mejoras. Y sólo gracias a esas mejoras conocemos hoy los grandes volcanes, los casquetes polares, los sinuosos canales tributarios, las grandes depresiones, los campos de dunas, las franjas de polvo asociadas a los cráteres y muchas otras características, misteriosas e instructivas, del medio ambiente marciano.

Para comprender un planeta recién explorado se requiere tanto resolución como recubrimiento. Por ejemplo, aún con una resolución excelente, los *Mariner 4, 6* y *7* observaron, por una desgraciada coincidencia, la parte vieja de Marte repleta de cráteres y de relativamente poco interés y no dieron ninguna información sobre el tercio joven y activo, desde el punto de vista geológico, del planeta, que fue explorado por el *Mariner 9*.

La fotografía orbital no puede detectar vida sobre la Tierra hasta no utilizar una resolución de 100 metros, punto en el que las formas geométricas de las ciudades y los campos de nuestra civilización tecnológica empiezan a ser evidentes. Si hubiese existido en Marte una civilización comparable a la nuestra por su extensión y nivel de desarrollo, sólo se hubiese podido detectar fotográficamente gracias a las misiones *Mariner 9* y *Viking*. No hay razón alguna para esperar la existencia de civilizaciones de ese tipo en los planetas próximos, pero la comparación ilustra de forma llamativa que tan solo estamos empezando un reconocimiento adecuado de los mundos cercanos.

No hay motivos para pensar que no espera la sorpresa y el deleite a medida que vayan mejorando la resolución y el recubrimiento fotográficos y se consigan progresos comparables en la espectroscopia y otros métodos.

La mayor organización profesional de científicos planetarios en todo el mundo es la División para las Ciencias Planetarias de la Sociedad Astronómica Americana. El vigor de esta ciencia en formación queda patente en las reuniones de la sociedad. En la reunión anual de 1975, por ejemplo, se anunció el descubrimiento de vapor de agua en la atmósfera de Júpiter, de etano en Saturno, de posibles hidrocarburos en el asteroide Vesta, de una presión atmosférica próxima a la de la Tierra en la luna de Saturno, Titán, de erupciones de ondas de radio decamétricas en Saturno, la detección por radar de la luna de Júpiter, Ganímedes, la elaboración del espectro de emisión de radio de la luna de Júpiter, Calixto, por no mencionar la información sobre Mercurio

y Júpiter (y sus magnetosferas) aportadas por los experimentos *Mariner 10* y *Pioneer 11*. En las siguientes reuniones se aportaron asimismo avances de la misma importancia.

De esta avalancha de interesantes descubrimientos recientes no ha surgido todavía un modelo general sobre el origen y la evolución de los planetas, pero el tema cuenta actualmente con una gran riqueza de sugerencias estimulantes y suposiciones viables. Empieza a quedar claro que el estudio de cualquiera de los planetas incrementa nuestros conocimientos de los restantes y que, si aspiramos a comprender globalmente la Tierra, tenemos que tener un conocimiento amplio de los demás planetas. Por ejemplo, una sugerencia actualmente en boga, que yo propuse por primera vez en 1960, es la de que las elevadas temperaturas de la superficie de Venus se deben a un fugitivo efecto de invernadero por el que el agua y el dióxido de carbono de una atmósfera planetaria impiden la emisión de radiación térmica infrarroja desde la superficie hacia el espacio; entonces, la temperatura superficial se eleva hasta alcanzar el equilibrio entre la luz visible que llega a la superficie y la radiación infrarroja que ésta emite; esta temperatura superficial más elevada supone una mayor presión de vapor de los gases de invernadero, dióxido de carbono y agua; y así sucesivamente hasta que el dióxido de carbono y el vapor de agua están en fase de vapor, produciendo un planeta con una presión atmosférica y una temperatura superficial elevadas.

Ahora bien, la razón por la cual Venus posee una atmósfera de esas características, y no así la Tierra, parece radicar en un incremento relativamente pequeño de la luz solar. Si el Sol fuese más brillante o si la superficie y las nubes terrestres fuesen más oscuras, ¿podría convertirse la Tierra en una reproducción de la visión clásica del Infierno? Venus puede constituir una llamada de atención para nuestra civilización técnica que posee la capacidad de modificar en profundidad el medio ambiente terrestre.

A pesar de la expectativa de casi todos los científicos planetarios, Marte aparece cubierto por miles de sinuosos canales tributarios de una antigüedad probable de varios miles de millones de años. En las condiciones atmosféricas actuales, muchos de estos canales posiblemente no han podido ser excavados ni por agua corriente ni por CO_2 corriente; requieren presiones mucho más elevadas y posiblemente temperaturas polares superiores. Por tanto, los canales —así como el terreno polar laminado de Marte— pueden atestiguar por lo menos una, o tal vez muchas épocas anteriores de condiciones climáticas más suaves, poniendo así de manifiesto la incidencia de grandes variaciones climáticas a lo largo de la historia del planeta. No sabemos si dichas variaciones tienen causas de tipo interno o externo. Si son de tipo interno, resultaría interesante ver si la Tierra puede, a través de la actividad del hombre, alcanzar un grado marciano de excursiones climáticas —algo mucho mayor

de lo que ha experimentado, por lo menos en los últimos tiempos—. Si las variaciones climáticas marcianas tienen causas externas —por ejemplo, variaciones de la luminosidad solar—; entonces resultaría extraordinariamente prometedora una correlación de la paleoclimatologia marciana con la terrestre.

El *Mariner 9* llego a Marte en medio de una gran tormenta de polvo, y los datos permitieron una comprobación por medio de la observación de si esas tormentas calientan o enfrían la superficie del planeta. Cualquier teoría que pretenda predecir las consecuencias climáticas de los cada vez más numerosos aerosoles en la atmósfera de la Tierra ha de ser capaz de dar una respuesta correcta a la tormenta global de polvo observada por el *Mariner 9*. A partir de la experiencia del *Mariner 9*, James Pollack, del NASA Ames Research Center, Brian Toon, de Cornell, y yo mismo hemos calculado los efectos de explosiones volcánicas individuales y múltiples sobre el clima de la Tierra y hemos conseguido reproducir, dentro del margen de error experimental, los efectos climáticos observados después de grandes explosiones en nuestro planeta. La perspectiva de la astronomía planetaria, que nos permite considerar cualquier planeta como un todo, puede proporcionar una excelente formación para los estudios sobre la Tierra.

Otro ejemplo de este tipo de retroalimentación de las observaciones terrestres, a partir de los estudios planetarios, es que uno de los principales equipos que estudian el efecto sobre la ozonosfera terrestre de la utilización de propulsores halocarbonados en aerosoles en lata está dirigido por M. B. McElroy de la Universidad de Harvard, un equipo que, para ese problema, ha estudiado intensamente la aeronomía de la atmósfera de Venus.

En la actualidad, gracias a las observaciones mediante vehículos espaciales, conocemos algo de la densidad superficial de cráteres de impacto de distintos tamaños en los casos de Mercurio, la Luna, Marte y sus satélites; los estudios con radar están empezando a proporcionar esa información en el caso de Venus y, aunque aparece muy erosionada por el agua corriente y la actividad tectónica, disponemos de alguna información acerca de los cráteres sobre la superficie terrestre. Si la población de objetos productores de tales impactos fuese la misma para todos esos planetas, sería posible establecer tanto una cronología absoluta como una relativa de las superficies de los cráteres. Pero todavía no sabemos si las poblaciones de objetos que chocan son generales —todas ellas procedentes del cinturón de asteroides, por ejemplo— o locales; por ejemplo, el barrido de anillos de restos aparecidos en las últimas etapas de la creación planetaria.

Los parajes montañosos lunares salpicados de cráteres evidencian una época primigenia de la historia del sistema solar en la cual la formación de cráteres era mucho más frecuente que ahora; la población actual de restos no consigue, por un factor considerable, explicar la abundancia de cráteres mucho menor, cosa que puede

explicarse a través de la población actual de restos interplanetarios, compuesta fundamentalmente por asteroides y tal vez cometas muertos. En superficies planetarias con no demasiados cráteres, se puede deducir algo acerca de su edad absoluta, muchas cosas sobre su edad relativa y, en algunos casos, incluso algo acerca de la distribución de tamaños en la población de objetos que dieron lugar a los cráteres. En Marte, por ejemplo, se observa que las laderas de las grandes montañas volcánicas carecen prácticamente de impactos de cráteres, lo cual supone su mayor juventud comparativa; no estuvieron allí el tiempo suficiente para acumular muchas hendiduras de impacto. Esta es la base que permite afirmar que los volcanes marcianos constituyen un fenómeno comparativamente reciente.

El fin último de la planetología comparada, a mi entender, es algo así como un gran programa de computadora al que se le dan algunos parámetros de partida —tal vez los valores iniciales de la masa, la composición, el momento angular y la población de objetos próximos capaces de producir impactos— y de ahí sale la evolución temporal del planeta. Estamos muy lejos hoy de tener un conocimiento tan profundo de la evolución planetaria, pero estamos mucho más cerca de lo que hubiese podido pensarse hace tan sólo unas décadas.

Cada nueva serie de descubrimientos plantea una multitud de preguntas que antes no éramos ni siquiera capaces de formular. Bastará con mencionar algunas de ellas. Hoy empieza a poderse comparar la composición de los asteroides con la composición de los meteoritos caídos sobre la Tierra (ver capítulo 15). Los asteroides parecen poder clasificarse fácilmente en objetos ricos en silicatos y objetos ricos en materia orgánica. Una consecuencia inmediata es que el asteroide menos masivo, Vesta, sí puede diferenciarse. Pero nuestros conocimientos actuales indican que la diferenciación planetaria se produce por encima de una cierta masa crítica. ¿Puede ser Vesta un resto de un cuerpo mucho mayor, hoy ajeno al sistema solar? La observación inicial por radar de los cráteres de Venus indica que estos son muy poco profundos. Y sin embargo no existe agua líquida que erosione la superficie de Venus y la baja atmósfera de Venus parece moverse con una velocidad tan pequeña que el polvo no es capaz de llenar los cráteres. ¿Podría ser la fuente del relleno de los cráteres de Venus un lento colapso de una superficie muy débilmente derretida, algo así como la melaza?

La teoría más extendida sobre la generación de los campos magnéticos planetarios requiere corrientes de convección inducidas por la rotación en un núcleo planetario conductor. Mercurio, que gira sobre sí mismo cada cincuenta y cinco días, debía tener, según ese esquema, un campo magnético no detectable. Sin embargo el campo está manifiestamente allí, y se impone una revisión seria de las teorías del magnetismo planetario. Sólo Saturno y Urano tienen anillos. ¿Por qué? Sobre Marte existe una magnifica disposición de dunas de arena longitudinales apiñadas contra las

laderas interiores de un gran cráter erosionado. En Great Sand Dunes National Monument cerca de Alamosa, Colorado, hay un conjunto de dunas de arena parecido, también apiñado en la curva de las montañas Sangre de Cristo. Las dunas de arena en ambos casos tienen la misma extensión, la misma distancia entre duna y duna y la misma altura. Sin embargo, la presión atmosférica marciana es 1/200 de la terrestre y los vientos necesarios para iniciar el movimiento de los granos de arena deberían tener allá diez veces más fuerza que en la Tierra y la distribución de tamaños de partículas puede diferir en los dos planetas. Entonces, ¿pueden ser iguales los campos de dunas producidos por la arena arrastrada por el viento? ¿Cuáles son las fuentes de la emisión radio decamétrica de Júpiter, cada una de ellas de menos de 100 kilómetros de amplitud, fijas sobre la superficie joviana y que radian intermitentemente al espacio?

Las observaciones del *Mariner 9* indican que los vientos en Marte superan ocasionalmente la mitad de la velocidad local del sonido. ¿Son algunas veces mucho más fuertes los vientos? ¿Cómo es una meteorología transónica? En Marte hay pirámides cuyas bases tienen unos 3 kilómetros y una altura de 1 kilómetro. Difícilmente han sido construidas por faraones marcianos. El grado de erosión por granos de arena transportados por el viento en Marte es, por lo menos, 10 000 veces el de la Tierra, debido a las velocidades mayores necesarias para mover partículas en la débil atmósfera marciana. ¿Podrían las caras de las pirámides marcianas haber sido erosionadas durante millones de años en esa forma, desde más de una dirección privilegiada del viento?

Las lunas del sistema solar exterior no son, con casi total seguridad, reproducción de la nuestra, que es un satélite bastante soso. Muchas de ellas tienen unas densidades tan bajas que deben estar compuestas principalmente por hielos de metano, amoníaco y agua. ¿Cómo serán sus superficies vistas de cerca? ¿Cómo erosionaran los cráteres de impacto una superficie helada de ese tipo? ¿Existirán volcanes de amoníaco sólido derramando lava de metano líquido por sus laderas? ¿Por qué Ío, el mayor satélite interior de Júpiter, está envuelto por una nube de sodio gaseoso? ¿Cómo contribuye Ío a modular la emisión síncrona procedente del cinturón de radiación joviano en el que se encuentra? ¿Por qué una cara de Japeto, una de las lunas de Saturno, es seis veces más brillante que la otra cara? ¿Debido a una diferencia en el tamaño de las partículas? ¿Una diferencia química? ¿Cómo se establecieron esas posibles diferencias? ¿Por qué en Japeto y sólo allí en todo el sistema solar se da esa situación?

La gravedad de Titán, la mayor luna del sistema solar, es tan baja y la temperatura de su atmósfera superior tan elevada que el hidrógeno debe escapar hacia el espacio muy rápidamente, según un proceso llamado «escape de vapor» *(blow-off)*. Pero la observación espectroscópica sugiere la existencia de una cantidad sustancial de

hidrogeno en Titán. La atmósfera de Titán es un misterio. Y si sobrepasamos Saturno, nos acercamos a una región del sistema solar de la que no sabemos prácticamente nada. Nuestros débiles telescopios no han determinado con precisión siquiera los periodos de rotación de Urano, Neptuno y Plutón y menos todavía las características de sus nubes y atmósferas, ni la naturaleza de sus sistemas de satélites. La poetisa Diane Ackerman de la Universidad Cornell escribe: *«Neptuno es esquivo como un caballo tordo en plena niebla. ¿Canoso? ¿Fajado? ¿Vaporoso? ¿De hielo picado? Lo que sabemos no conseguiría llenar el puño de un lemúrido»*.

Una de las vías más inasequibles por la que empezamos a avanzar seriamente es la cuestión de la química orgánica y la biología en el sistema solar. El medio ambiente marciano no es de ninguna manera tan hostil como para excluir la vida, pero tampoco conocemos lo suficiente sobre el origen y la evolución de la vida como para garantizar su presencia allí o en cualquier otra parte. El tema de los organismos en Marte, ya sean grandes o pequeños, está totalmente abierto, aún después de las misiones *Viking*.

Las atmósferas ricas en hidrógeno como las de Júpiter, Saturno, Urano y Titán se parecen en aspectos significativos a la atmósfera de la Tierra primigenia, en la época del origen de la vida. A partir de experimentos de simulación realizados en laboratorio, sabemos que las moléculas orgánicas se producen a buen ritmo en determinadas condiciones. En las atmósferas de Júpiter y Saturno las moléculas serían transportadas a profundidades pirolíticas. Pero aun ahí la concentración de moléculas estables orgánicas puede resultar significativa. En todas las experiencias de simulación la aplicación de energía a unas atmósferas de ese tipo produce un material polimérico de color marrón que recuerda, en muchos aspectos importantes, el material de color marrón de sus nubes. Titán puede estar totalmente cubierto por un material orgánico de ese mismo color marrón. Es posible que en los próximos años seamos testigos de grandes e inesperados descubrimientos en el terreno de la naciente ciencia de la exobiología.

Los medios principales para la exploración continua del sistema solar durante la siguiente década, o las dos siguientes, consistirán seguramente en misiones planetarias no tripuladas. Se ha conseguido lanzar con éxito vehículos espaciales científicos a todos los planetas conocidos por los antiguos. Existe una serie de propuestas de misiones todavía no aprobadas, pero estudiadas con detalle (ver capítulo 16). Si la mayoría de esas misiones se llevasen efectivamente a la práctica, la era actual de la exploración planetaria proseguiría brillantemente. Pero no está nada claro que esos espléndidos viajes de descubrimiento continúen, por lo menos en los Estados Unidos. Solamente una de las grandes misiones planetarias, el proyecto *Galileo* hacia Júpiter, ha sido aprobada en los últimos siete años y aun así corre un cierto peligro.

Incluso un reconocimiento preliminar de todo el sistema solar hasta Plutón y una exploración más detallada de algunos planetas mediante, por ejemplo, vehículos todo terreno para Marte y sondas de registro en Júpiter, no resolverían el problema fundamental de los orígenes del sistema solar; lo que se necesita es el descubrimiento de otros sistemas solares. Los adelantos en las técnicas de observación desde la Tierra o desde vehículos espaciales que vayan lográndose en las dos próximas décadas, podrán eventualmente detectar docenas de sistemas planetarios en órbita alrededor de estrellas aisladas próximas a nosotros. Estudios recientes basados en la observación de sistemas de estrellas múltiples debidos a Helmut Abt y Saul Levy, del *Kitt Peak National Observatory*, sugieren que hasta un tercio de las estrellas del cielo pueden tener acompañantes planetarios. No sabemos si esos otros sistemas planetarios serán como el nuestro o si se basarán en principios radicalmente distintos.

Casi sin darnos cuenta, hemos entrado en una época de exploración y descubrimiento sin parangón desde el Renacimiento. Tengo la impresión de que los beneficios de la planetología comparada para las ciencias terrestres; el sentido de aventura conferida por la exploración de otros mundos a una sociedad que ha perdido prácticamente toda oportunidad de gozar de la aventura; las derivaciones filosóficas de la búsqueda de una perspectiva cósmica, esos son los elementos que caracterizaran nuestro tiempo. Dentro de siglos, cuando nuestros grandes problemas políticos y sociales actuales nos parezcan tan remotos como los problemas de la Guerra de Sucesión de Austria, nuestro tiempo se recordará fundamentalmente por el siguiente hecho: fue la época en la que los habitantes de la Tierra establecieron su primer contacto con el cosmos que les rodeaba.

CAPÍTULO 11

UN PLANETA LLAMADO JORGE

… me enseñaste el nombre de la gran luz y el de la pequeña, que iluminan el día y la noche.

WILLIAM SHAKESPEARE,
La tempestad, acto I, escena 2

—¿Es cierto que responden a sus nombres? —observó negligentemente el Mosquito.
—Nunca oí que lo hiciesen —dijo Alicia.
—¿De qué les sirven pues los nombres —dijo el Mosquito—, si no responden a ellos?

LEWIS CARROLL,
Alicia a través del espejo

EN LA SUPERFICIE LUNAR hay un pequeño cráter de impacto llamado *Galilei*. Tiene unas 9 millas de diámetro, poco más o menos el tamaño del área metropolitana de Elizabeth, New Jersey, y es tan pequeño que para verlo se necesita un telescopio bastante potente. Cerca del centro de esa cara de la Luna que está siempre orientada hacia la Tierra, está la espléndida pared en ruinas de un antiguo cráter, de 115 millas de diámetro, llamado *Ptolomaeus*; puede verse fácilmente con unos prismáticos corrientes e, incluso, algunas personas de gran agudeza visual pueden verlo a simple vista.

Ptolomeo (siglo II de nuestra era) fue el principal defensor de la opinión según la cual nuestro planeta es inamovible y se encuentra en el centro del universo; creía que el Sol y los planetas describían circunferencias alrededor de la Tierra en un día, encajados en esferas cristalinas. Por su parte, Galileo (1564-1642) sostuvo el punto de vista copernicano según el cual el Sol se encuentra en el centro del sistema solar y la Tierra es uno de los muchos planetas que giran a su alrededor. Más aún, fue Galileo quien proporcionó, a través de la observación de la fase creciente de Venus, la primera prueba convincente en favor de la tesis de Copérnico. También fue Galileo el primero en llamar la atención sobre la existencia de cráteres sobre nuestro satélite natural. Entonces, ¿por qué el cráter *Ptolomaeus* es mucho más prominente en la superficie lunar que el cráter *Galilei*?

El criterio para la denominación de los cráteres lunares fue establecido por Johannes Howelcke, más conocido por su nombre latinizado de Hevelius. Era cervecero y político local en Danzig y dedicó mucho tiempo a la cartografía lunar; publicó un famoso libro, *Selenographia,* en 1647. Tras haber grabado al agua fuerte y a mano las placas de cobre utilizadas para la impresión de sus mapas del aspecto de la Luna vista a través del telescopio, Hevelius se planteó el problema de la

denominación de los elementos grabados. Unos le propusieron que les asignara nombres de personajes bíblicos; otros se decantaban por los de filósofos y científicos. Hevelius consideró que no existía ninguna conexión lógica entre los elementos lunares y los patriarcas y profetas de hacía miles de años, pero pensó también que podía desencadenarse una fuerte controversia a la hora de buscar los nombres de los filósofos y científicos que había que conmemorar, especialmente en el caso de los no fallecidos. Le pareció más prudente bautizar los prominentes valles y montañas lunares en función de características terrestres comparables: Así, contamos con montes lunares Apeninos, Pirineos, Cáucaso, Jura y Atlas e incluso con un valle Apenino. Todavía se utilizan esos nombres.

Galileo tenía la impresión de que las áreas planas y oscuras de la superficie lunar eran mares, verdaderos océanos de agua, y que las regiones más rugosas y brillantes y densamente salpicadas de cráteres eran continentes. A estos mares se asignaron básicamente nombres de estados de ánimo o condiciones de la naturaleza: *Mare Frigoris* (el Mar del Frío), *Lacus Somniorum* (el Lago de los Sueños), *Mare Crisium* (el Mar de las Crisis), *Sinus Iridum* (la Bahía del Arco Iris), *Mare Serenitatis* (el Mar de la Serenidad), *Oceanus Procellarum* (el Océano de las Tempestades), *Mare Nubium* (el Mar de las Nubes), *Mare Fecunditatis* (el Mar de la Fecundidad), *Sinus Aes* (la Bahía de las Olas), *Mare Imbrium* (el Mar de las Lluvias) y *Mare Tranquilitatis* (el Mar de la Tranquilidad), colección de nombres de lugares que resulta un tanto poética y evocativa para un entorno tan inhóspito como el de la Luna. Desgraciadamente, los mares lunares son enteramente secos y las muestras de ellos traídas a la Tierra por el *Apollo* estadounidense y el *Luna* soviético indican que en el pasado nunca han tenido agua. Nunca ha habido mares, bahías, lagos o arco iris en la Luna. Esos nombres han perdurado hasta nuestros días. El primer vehículo que proporcionó datos sobre la superficie lunar, el *Luna 2*, se posó en el *Mare Imbrium*, y los primeros seres humanos que pisaron nuestro satélite natural, los astronautas del *Apollo 11*, lo hicieron en el *Mare Tranquilitatis*, diez años más tarde. Creo que Galileo hubiese quedado sorprendido y complacido.

A pesar de los recelos de Hevelius, los cráteres lunares recibieron nombres de científicos y filósofos desde la publicación en 1651 del *Almagestum Novum* de Giovanni Battista Riccioli. El título del libro, el *Nuevo Almagesto*, se refiere al viejo *Almagesto*, el trabajo de toda la vida de Ptolomeo. «Almagesto» es un título inmodesto, pues en árabe significa «El Mayor». Riccioli no hizo más que publicar un mapa sobre el que situó sus preferencias personales en cuanto a nombres de cráteres, y tanto las anteriores como la mayoría de sus preferencias, han seguido vigentes sin haber sido nunca puestas en cuestión. El libro de Riccioli apareció nueve años después de la muerte de Galileo; desde entonces ha habido muchas oportunidades de cambiar los nombres de los cráteres. Sin embargo, los astrónomos han mantenido ese

reconocimiento de Galileo, que resulta embarazosamente poco generoso. Existe un cráter dos veces mayor que el cráter *Galilei*, llamado *Hell* (infierno, en inglés) en honor al jesuita Maximilian Hell.

Uno de los cráteres lunares más sobresalientes es el cráter Clavius, de 142 millas de diámetro, que en la película *2001: Odisea del Espacio* se tomó como la sede de una base lunar de ficción. Clavius es el nombre latinizado de Christoffel Schlüssel («llave» en alemán = «clavius» en latín), otro miembro de la Compañía de Jesús y gran defensor de Ptolomeo. Galileo mantuvo una dilatada controversia acerca de la prioridad del descubrimiento y de la naturaleza de las manchas solares con otro jesuita más, Christopher Scheiner, polémica que desembocó en un agudo antagonismo personal y que, para muchos historiadores de la ciencia, contribuyó al arresto domiciliario que sufrió Galileo, la proscripción de sus libros y su confesión, conseguida bajo amenaza de tortura por parte de la Inquisición, de que sus escritos copernicanos previos eran heréticos y en realidad la Tierra permanecía inmóvil. Scheiner dispone de un cráter lunar de 70 millas de diámetro. Y Hevelius, que fue quien se resistió a asignar nombres de personas a los elementos lunares, dispone de un bello cráter que lleva su nombre.

Riccioli denominó *Tycho*, *Kepler* y, sorprendentemente, *Copernicus* a tres de los más destacados cráteres de la Luna. El propio Riccioli, así como su discípulo Grimaldi, tuvieron asignados grandes cráteres en el *limbo* o borde de la Luna, siendo el de Riccioli de 106 millas de diámetro. Existe otro cráter llamado *Alphonsus*, en honor de Alfonso X de Castilla (siglo XIII) quien, después de contemplar la complejidad del sistema ptolomaico, había comentado que, caso de haber asistido a la Creación, le hubiese dado a Dios algunas sugerencias útiles de cara a ordenar el Universo. Resultaría interesante imaginar la respuesta de Alfonso X si hubiese sabido que, siete siglos más tarde, una nación del otro lado del océano enviaría a la Luna un vehículo espacial llamado *Ranger 9*, capaz de producir automáticamente imágenes de la superficie lunar a medida que se acercaba a nuestro satélite hasta precipitarse en una depresión preexistente llamada *Alphonsus*, en honor de Su Majestad de Castilla. Un cráter menos prominente lleva el nombre de *Fabricius*, el nombre latinizado de David Goldschmidt, quien descubrió, en 1596, que el brillo de la estrella Mira variaba periódicamente, contradiciendo así la opinión defendida por Aristóteles y sostenida por la Iglesia de que los cielos eran inmutables.

Así, el prejuicio en contra de Galileo en la Italia del siglo XVII no consolidó, en lo relativo a la denominación de elementos lunares, una parcialidad total en favor de los padres de la Iglesia y de las doctrinas de la Iglesia en materia astronómica. Resulta muy difícil encontrar un patrón consistente entre los nombres dados a las casi siete mil formaciones lunares. Existen cráteres que llevan el nombre de figuras políticas con poca relación directa con la astronomía, como *Julio César* o el káiser *Guillermo*

I, y otros con el nombre de personajes de oscuridad heroica: por ejemplo, el cráter *Wurzelbaur* (de 50 millas de diámetro) y el cráter *Billy* (de 31 millas de diámetro). La mayoría de las denominaciones de los pequeños cráteres lunares procede de los grandes cráteres próximos; por ejemplo, cerca del cráter *Mosting* se encuentran los pequeños cráteres *Mosting A*, *Mosting B*, *Mosting C* y así sucesivamente. La sabia prohibición consistente en no asignar nombres de personas vivas a los cráteres sólo se ha roto en contadas ocasiones, por ejemplo, al designar algunos cráteres muy pequeños a los astronautas norteamericanos de las misiones lunares *Apollo* y, por una curiosa simetría en la época de la distensión, a los cosmonautas soviéticos que quedaron atrás en órbita alrededor de la Tierra.

Durante este siglo se ha intentado denominar con consistencia y coherencia los elementos de la superficie lunar, así como de otros objetos celestes, sobre la base de responsabilizar de esa tarea a unas comisiones especiales de la *International Astronomical Union* (IAU), la organización de todos los astrónomos profesionales del planeta Tierra. Una bahía, sin nombre previo, de uno de los *mares* lunares fue examinada con detalle por el vehículo espacial norteamericano *Ranger* y fue bautizada oficialmente con el nombre de *Mare Cognitum* (el Mar Conocido). Es un nombre que expresa no tanto una serena satisfacción sino más bien exultación. Las deliberaciones de la IAU no siempre han sido fáciles. Por ejemplo, cuando se obtuvieron las primeras fotografías —por cierto, bastante poco claras— de la cara opuesta de la Luna, fotografías logradas en la histórica misión *Luna 3*, los descubridores soviéticos expresaron el deseo de llamar «Las Montañas Soviéticas» a un trazo largo y brillante de sus fotografías. Como en la Tierra no existe una gran formación montañosa que lleve ese nombre, la petición entró en conflicto con el convenio de Hevelius. Sin embargo, como homenaje a la notable hazaña del *Luna 3*, se acordó hacerlo así. Desgraciadamente, datos posteriores sugirieron que las Montañas Soviéticas no eran tales montañas.

En una situación parecida, los delegados soviéticos propusieron designar uno de los dos «mares» de la cara oculta de la Luna (ambos muy pequeños comparados con los de la cara visible) con el nombre de *Mare Moscoviense* (el Mar de Moscú). Pero los astrónomos occidentales objetaron que nuevamente esa propuesta se alejaba de la tradición, por el hecho de que Moscú no era ni una condición de la naturaleza ni un estado de la mente. A modo de contestación se dijo que en las últimas denominaciones de *mares* lunares —las de los *limbos*, que son difíciles de observar con telescopios fijos en tierra— no se había seguido al pie de la letra ese convenio: *Mare Marginis* (el Mar Limítrofe), *Mare Orientatis* (el Mar Oriental) y *Mare Smythii* (el Mar de Smyth). Al haberse quebrado la consistencia perfecta, se dictaminó en favor de la propuesta soviética. En una reunión de la IAU celebrada en Berkeley, California en 1961 Audouin Dollfus, de Francia, declaró oficialmente que Moscú era

un estado de la mente.

El advenimiento de la exploración espacial ha multiplicado los problemas de nomenclatura en el sistema solar. Un ejemplo interesante de la tendencia existente puede encontrarse en la denominación de los elementos de Marte. Desde la Tierra se han observado, catalogado y trazado sobre el mapa muchas características brillantes y oscuras de la superficie del Planeta Rojo. Mientras se desconocía la naturaleza de tales características se tuvo la tentación irresistible de darles un nombre. Después de varios intentos fallidos de asignarles los nombres de astrónomos que hubiesen estudiado Marte, G. V. Schiaparelli en Italia, y E. M. Antoniadi, un astrónomo griego que trabajaba en Francia, consiguieron imponer al inicio del siglo XX el criterio de designar los elementos marcianos con nombres alusivos a personajes y lugares de la mitología clásica. Así existen *Thot*, *Nepenthes*, *Memnonia*, *Hesperia*, *Mare Boreum* (el Mar Boreal) y *Mare Acidalium* (el Mar ácido), así como *Utopia*, *Elysium*, *Atlantis*, *Lemuria*, *Eos* (Aurora) y *Uchronia* (que, supongo, puede traducirse por Buenos Tiempos). En 1890, la gente culta se encontraba mucho más a sus anchas con los mitos clásicos que en la actualidad.

La superficie caleidoscópica de Marte se hizo conocida gracias a los vehículos norteamericanos de la serie *Mariner*, especialmente por el *Mariner 9*, que giró alrededor de Marte durante todo un año iniciando en noviembre de 1971, y transmitió a la Tierra más de 7200 fotografías de la superficie. Una profusión de detalles inesperados y exóticos quedó al descubierto, incluyendo elevadas montañas volcánicas, cráteres de tipo lunar pero mucho más erosionados, y valles sinuosos y enigmáticos, presumiblemente excavados por corrientes de agua en épocas previas de la historia de nuestro planeta. Estos nuevos elementos requerían nombres, y la IAU designó con diligencia una comisión presidida por Gerard de Vaucouleurs, de la Universidad de Texas, para el estudio de la nueva nomenclatura marciana. Gracias al esfuerzo de algunos de nosotros, la comisión de nomenclatura marciana hizo un intento serio por evitar el localismo en las nuevas denominaciones. Resultó imposible evitar que los cráteres principales recibiesen nombres de astrónomos que habían estudiado el planeta Marte, pero la gama de profesiones y nacionalidades pudo ampliarse significativamente. Así, existen cráteres marcianos de más de 60 millas de diámetro que se llaman como los astrónomos chinos Li Fan y Liu Hsin; como los biólogos Alfred Russel Wallace, Wolf Vishniac, S. N. Vinogradsky, L. Spallanzani, F. Redi, Louis Pasteur, H. J. Muller, T. H. Huxley, J. B. S. Haldane y Charles Darwin; como los geólogos Louis Agassiz, Alfred Wegener, Charles Lyell, James Hutton y E. Suess e incluso como los escritores de ciencia ficción Edgar Rice Burroughs, H. G. Wells, Stanley Weinbaum y John W. Campbell, Jr. Hay también dos grandes cráteres marcianos llamados *Schiaparelli* y *Antoniadi*.

Pero existen muchas otras culturas en el planeta Tierra —incluso algunas con una tradición astronómica identificable— que están representadas en esa lista a través de algunos de sus miembros. En un intento de compensar por lo menos parcialmente ese desequilibrio cultural, se aceptó una sugerencia mía consistente en asignar a los valles sinuosos los nombres de Marte, por orden alfabético, en lenguas predominantemente no europeas. En la página siguiente aparece una tabla (Tabla 1) en la que figuran dichos nombres. Por una curiosa coincidencia Ma'adim (hebreo) y Al Qahira (árabe: el dios de la guerra del que recibe su nombre la ciudad de El Cairo) están cara a cara. El lugar sobre el que se posó el primer vehículo *Viking* se llama *Chryse*, cerca de la confluencia de los valles *Ares*, *Tiu*, *Simud* y *Shalbatana*.

Tabla 1

Los primeros nombres de los valles marcianos.

Nombre	Lengua
Al Qahira	Árabe egipcio
Ares	Griego
Auqakuh	Quechua (Inca)
Huo Hsing	Chino
Ma’adim	Hebreo
Mangala	Sánscrito
Nirgal	Babilonio
Kasei	Japonés
Shalbatana	Acadio
Simud	Sumerio
Tiu	Inglés antiguo

En cuanto a los grandes volcanes marcianos, se sugirió darles el nombre de los mayores volcanes terrestres, como Ngorongoro o Krakatoa, lo cual permitiría la presencia en Marte de culturas sin tradición astronómica escrita. Pero se puso la objeción de que se prestaría a confusión al comparar los volcanes terrestres con los marcianos: ¿de qué Ngorongoro se está hablando? Se plantea el mismo problema potencial con varias ciudades terrestres, pero parece posible comparar Portland, Oregon, con Portland, Maine, sin caer en una total confusión. Otra sugerencia hecha por un sabio europeo consistía en asignar a cada volcán la palabra «mons» (montaña) seguida del nombre de una deidad romana importante en caso genitivo: Así, tendríamos Mons Martes, Mons Jovis y Mons Veneris. Puse la objeción de que por lo menos estos últimos ya habían sido utilizados en otro campo distinto de la actividad humana. La respuesta fue: «¡Oh, no lo había oído!». El resultado fue la designación de los volcanes marcianos con nombres de alturas brillantes y sombrías del mundo clásico. Así, existen *Pavoris Mons*, *Elysium Mons* y —afortunadamente, pues se trata

del mayor volcán del sistema solar— *Olympus Mons*. Ocurre que mientras los nombres de los volcanes se inspiran fuertemente en la tradición occidental, la nomenclatura marciana más reciente representa una ruptura significativa con la tradición: un número considerable de elementos han sido bautizados con nombres que ni evocan el mundo clásico ni elementos geográficos europeos o astrónomos visuales occidentales del siglo XIX.

Algunos cráteres marcianos y lunares tienen nombres de individuos. Se trata nuevamente del caso de Portland y creo que, en la práctica, no provocará casi confusión. Cuanto menos, tiene un aspecto positivo: en Marte existe ahora un cráter llamado *Galilei*. Es aproximadamente del mismo tamaño del llamado *Ptolomaeus*. Y no existen cráteres marcianos llamados Schemer o Riccioli.

Otra de las consecuencias inesperadas de la misión *Mariner 9* es la de que se obtuvieron las primeras fotografías de una de las lunas de otro planeta. En la actualidad disponemos de mapas que abarcan prácticamente la mitad de las características superficiales de las dos lunas de Marte, *Fobos* y *Deimos* (los dos seguidores del dios de la guerra, Marte). Una nueva comisión para la nomenclatura de los satélites de Marte, que tuve el honor de presidir, asignó a los cráteres de Fobos los nombres de astrónomos que habían estudiado las lunas. Un elevado cráter en el polo sur de Fobos se bautizó con el nombre de Asaph Hall, el descubridor de ambas lunas. La información apócrifa astronómica nos dice que cuando estaba a punto de abandonar la búsqueda de las lunas de Marte, su esposa le conminó a volver al telescopio. Al poco tiempo los descubrió y los denominó «miedo» (Fobos) y «terror» (Deimos). Así pues, el mayor cráter de Fobos se bautizó con el nombre de soltera de la Sra. Hall, Angelina Stickney. Si el objeto que se precipitó sobre Fobos creando el cráter Stickney hubiese sido mayor, probablemente hubiese hecho saltar en pedazos ese satélite.

Deimos quedó reservado para los escritores y todas aquellas personas relacionadas con las especulaciones que se han hecho sobre las lunas de Marte. Los dos elementos más sobresalientes recibieron los nombres de Jonathan Swift y Voltaire, quienes en sus novelas especulativas *Los Viajes de Gulliver* y *Micromegas*, respectivamente, prefiguraron antes de su descubrimiento real la existencia de las dos lunas alrededor de Marte. Quise que un tercer cráter de Deimos se llamase *René Magritte*, en homenaje al pintor surrealista belga en cuyas pinturas «Le Chateau des Pyrenées» y «Le Sens de Realité» aparecen grandes piedras suspendidas en el cielo, de un parecido sorprendente con las dos lunas marcianas —a excepción de la presencia, en la primera pintura, de un castillo que, por lo que sabemos hasta ahora, no aparece en Fobos—. Sin embargo, mi sugerencia fue rechazada por frívola.

Estamos en la época de la historia en la que los elementos de los planetas quedarán

bautizados para siempre. Un nombre de cráter es un monumento conmemorativo de gran magnitud: la vida estimada de los grandes cráteres lunares, marcianos y mercurianos se mide en miles de millones de años. Dado el enorme incremento reciente en el número de elementos superficiales a los que debe darse un nombre —y también porque los nombres de casi todos los astrónomos fallecidos han sido ya asignados a algún objeto celeste—, se requieren nuevos criterios. En la reunión de la IAU de Sydney, Australia en 1973, se constituyeron diversas comisiones para estudiar los problemas de la nomenclatura planetaria. Uno de los problemas que aparece claro es que si los cráteres de otros planetas reciben ahora nombres que no sean de personas, sólo tendremos nombres de astrónomos y algunos otros en la Luna y no en los planetas. Resultaría encantador bautizar algunos cráteres de Mercurio, por ejemplo, con imaginarios nombres de pájaros o mariposas, o ciudades o antiguos vehículos de exploración y descubrimiento. Pero si aceptásemos esa vía, por nuestros globos y mapas y nuestros libros de texto daríamos la impresión de que só1o tenemos consideración por los astrónomos y los físicos, y que poco nos importan los poetas, los compositores, los pintores, los historiadores, los arqueólogos, los dramaturgos, los matemáticos, los antropólogos, los escultores, los médicos, los psicó1ogos, los novelistas, los biólogos, los ingenieros y los lingüistas. La propuesta de que tales individuos sean conmemorados con cráteres lunares no asignados vendría a resultar en que, por ejemplo, Dostoievski o Mozart o Hiroshige tendrían asignados cráteres de una décima de milla de diámetro mientras que *Pisticus* tiene 52 millas de diámetro. No creo que eso dijese nada en favor de la amplitud de miras y del ecumenismo intelectual de aquellos que tienen la labor de asignar los nombres.

Tras un intenso debate, se impuso ese punto de vista —en parte nada despreciable gracias al entusiasta apoyo de los astrónomos soviéticos—. Según ello, la comisión de nomenclatura de Mercurio, presidida por David Morrison, de la Universidad de Hawái, decidió bautizar los cráteres de impacto de Mercurio con los nombres de compositores, poetas y autores. Así, los cráteres principales se llaman *Johann Sebastian Bach*, *Homero* y *Murasaki*. Para una comisión compuesta principalmente por astrónomos occidentales resultó difícil hacer una elección de un grupo de nombres que fuera representativa de todo el mundo de la cultura; por ello, la comisión de Morrison solicitó ayuda a músicos y expertos en literatura comparada. El problema más incómodo consiste en encontrar, por ejemplo, los nombres de los que compusieron la música de la dinastía Han, los que fundieron los bronces de Benin, los que tallaron los tótems de Kwakiuti y los que compilaron la literatura épica popular de Melanesia. Pero aun en el caso de que esa información se vaya obteniendo lentamente, habrá tiempo: las fotografías de Mercurio enviadas por el *Mariner 10*, en las que aparecen los elementos que hay que bautizar, cubren únicamente la mitad de la superficie del planeta; pasarán muchos años antes de poder fotografiar y bautizar

los cráteres del otro hemisferio.

Además, existen algunos objetos en Mercurio para los que se han propuesto, por razones especiales, otros tipos de nombres. El meridiano de longitud 20° propuesto pasa por un pequeño cráter que los responsables de la televisión del *Mariner 10* sugirieron llamar *Hun-Kal*, palabra azteca que significa veinte, la base de la aritmética azteca. Y también propusieron llamar a una enorme depresión, comparable en muchos aspectos a un mar lunar, la cuenca *Caloris*: Mercurio es muy caliente. Por último, cabe decir que todos estos nombres se refieren solamente a elementos topográficos de Mercurio; los elementos brillantes y oscuros vagamente vislumbrados por generaciones anteriores de astrónomos todavía no han sido identificados convenientemente. Cuando lo sean, posiblemente se den sugerencias para sus nombres. Antoniadi propuso nombres para esos elementos de Mercurio, alguno de los cuales —como *Solitudo Hermae Trismegisti* (la soledad de Hermes, el tres veces grande)— suenan muy bien y tal vez sean retenidos finalmente.

No existen mapas fotográficos de la superficie de Venus, porque el planeta se encuentra perpetuamente envuelto por nubes opacas. Ello no obstante, los elementos superficiales se han plasmado en el mapa gracias a las observaciones por radar desde Tierra. Hoy por hoy sabemos que existen cráteres y montañas, y otras características topográficas de aspecto extraño. El éxito alcanzado por las misiones *Venera 9* y *10* en la obtención de fotografías de la superficie del planeta sugiere que algún día obtendremos fotografías desde vehículos o globos espaciales en la atmósfera baja de Venus.

Los primeros elementos sobresalientes descubiertos en Venus fueron unas regiones con una gran capacidad reflectante frente al radar, a las que se asignaron los nombres, difícilmente asumibles, de Alfa, Beta y Gamma. La actual comisión para la nomenclatura de Venus, presidida por Gordon Pettengill, del *Massachusetts Institute of Technology*, ha propuesto dos categorías de nombres para los elementos superficiales venusianos. Una categoría sería la de pioneros de la tecnología radio cuyos trabajos hicieron posible el desarrollo de las técnicas de radar que han permitido levantar mapas de la superficie del planeta: por ejemplo, Faraday, Maxwell, Heinrich, Hertz, Benjamin Franklin y Marconi. La otra categoría, sugerida por el nombre del propio planeta, es la de nombres de mujeres. A primera vista, puede parecer sexista la idea de un planeta dedicado a las mujeres, pero creo que es precisamente lo contrario. Por razones históricas, las mujeres han sido desalentadas a ejercer las profesiones de los tipos que se conmemoran en otros planetas. El número de mujeres que hasta ahora han dado nombre a cráteres es muy pequeño: *Sklodowska* (nombre de soltera de Madame Curie), *Stickney*, la astrónomo María Mitchell; la pionera de la física nuclear Lisa Meitner; Lady Murasaki; y sólo unas pocas más.

Mientras, dadas las reglas de profesiones utilizadas en otros planetas, los nombres de mujeres continuarán apareciendo ocasionalmente en otras superficies planetarias, pero la propuesta para Venus es la única que permite un reconocimiento adecuado de la contribución histórica de las mujeres. (Sin embargo, me agrada que esa idea no se aplique a rajatabla; no me gustaría ver una lista de nombres de hombres de negocios en Mercurio, ni de generales en Marte).

En cierto sentido, las mujeres han sido conmemoradas tradicionalmente en el cinturón de asteroides (ver capítulo 15), conjunto de masas rocosas y metálicas que giran alrededor del Sol entre las órbitas de Marte y Júpiter. A excepción de una categoría de asteroides que recibieron los nombres de héroes de la Guerra de Troya, la tendencia consistía en darles nombres de mujeres. En un principio fueron básicamente mujeres de la mitología clásica, como *Ceres*, *Urania*, *Circe* y *Pandora*. A medida que fueron acabándose los nombres de diosas, se amplió el ámbito para poder incluir a *Safo*, *Dike*, *Virginia* y *Silvia*. Más adelante, cuando los descubrimientos fueron incesantes y se fueron acabando los nombres de las mujeres, madres, hermanas, queridas y tías abuelas de los astrónomos, se empezaron a bautizar los asteroides con los nombres de patrones reales o deseados y otros, con una desinencia femenina, como por ejemplo, *Rockefelleria*. Hasta ahora se han descubierto más de dos mil asteroides y la situación se ha vuelto moderadamente desesperada. No se ha taponado la espita de las tradiciones no occidentales y, para los futuros asteroides, se prevé una multitud de nombres femeninos en idiomas vasco, amharico, amu, dobu y kung. Anticipándose a una distensión egipcio-israelí, Eleanor Helin, del *Californian Institute of Technology*, propuso que un asteroide que descubrió se llamase Ra-Shalom. Un problema adicional —o una oportunidad, según el punto de vista de cada uno— es el de que posiblemente no tardaremos en tener fotografías de cerca de los asteroides, cuyos detalles superficiales habrá que bautizar.

Más allá del cinturón de asteroides, en los planetas y las grandes lunas del sistema solar exterior no se han asignado hasta ahora nombres no descriptivos. En Júpiter, por ejemplo, existe la Gran Mancha Roja y un Cinturón Norecuatorial, pero ningún elemento se llama, por ejemplo, Smedley. La razón reside en que cuando se observa Júpiter sólo se ven sus nubes, y no resultaría precisamente acertado o no sería una conmemoración duradera para el tal Smedley darle su nombre a una nube. En cambio, la cuestión más importante acerca de la nomenclatura en el sistema solar exterior es la de la denominación de las lunas de Júpiter. Las lunas de Saturno, Urano y Neptuno poseen nombres clásicos satisfactorios o, por lo menos, oscuros (ver Tabla 2). Pero la situación de las catorce lunas de Júpiter es distinta.

Tabla 2

Nombre de los satélites de los planetas exteriores

Saturno	***Neptuno***
Jano	Tritón
Mimas	Nereida
Encélado	
Tetis	***Urano***
Dione	Miranda
Rea	Ariel
Titán	Umbriel
Hiperión	Titania
Jápeto	Oberón
Febe	
	Plutón
	Caronte

Las cuatro lunas grandes de Júpiter fueron descubiertas por Galileo, cuyos contemporáneos, fuertemente influidos por la teología y por una amalgama de ideas aristotélicas y bíblicas, estaban convencidos de que los planetas no tenían lunas. El descubrimiento de Galileo desconcertó y contrarió a los clérigos fundamentalistas de la época. Tal vez en un intento de paliar la crítica, Galileo llamó «satélites mediceanos» a las lunas, en honor a los Medici, quienes le subvencionaban. Pero la posteridad ha sido más sabia: se les conoce por *satélites galileanos*. De forma parecida, cuando el inglés William Herschel descubrió el séptimo planeta, propuso llamarle Jorge. En caso de que no se hubieran impuesto criterios más serios, hoy tendríamos un planeta mayor cuyo nombre estaría inspirado en el de Jorge III; en lugar de ello se le llamó Urano.

A los satélites galileanos les asignó sus nombres provenientes de la mitología griega Simon Marius (dispone en la Luna de un cráter de 21 millas de diámetro), un contemporáneo de Galileo con el que incluso entabló polémica sobre la prioridad del descubrimiento. Marius y Johannes Kepler eran de la opinión de que resultaba muy poco prudente asignar a los objetos celestes nombres de personas reales y muy especialmente de personajes de la política. Marius escribía: *«Quiero que las cosas se hagan sin supersticiones y con la sanción de los teólogos. A Júpiter en especial los poetas le confieren amores ilícitos. Bien conocidos son los* [nombres] *de tres vírgenes cuyo amor Júpiter anheló y consiguió en secreto: Ío* […] *Calisto* […] *y Europa* […] *Pero aún más ardientemente amó al bello Ganímedes* […] *y por tanto, creo que no he obrado desafortunadamente al denominar al primero Ío, al segundo Europa, al tercero, sobre la base del esplendor de su luz, Ganímedes y, por último, al cuarto, Calisto»*.

Sin embargo, en 1892 E. Barnard descubrió la quinta luna de Júpiter, que seguía una órbita interior a la de Ío. Barnard insistió resueltamente en que ese satélite debería llamarse *Júpiter 5* y sólo así. Desde entonces ha prevalecido la opinión de

Barnard, y de las catorce lunas jovianas conocidas en la actualidad tan sólo los satélites galileanos tenían, hasta hace poco tiempo, nombres sancionados oficialmente por la IAU. Sin embargo, por poco razonable que pueda parecer, las personas manifiestan una fuerte preferencia por los nombres más que por los números. (Así se pone de manifiesto claramente en la resistencia de los estudiantes universitarios a ser considerados «sólo como un número» por el tesorero de la universidad, en el ultraje sentido por muchos ciudadanos al ser tratados por el gobierno únicamente a través de su número de identidad, y también en los intentos sistemáticos en cárceles y campos de trabajo —consistentes en desmoralizar y degradar a los internos— asignándoles tan sólo un número de orden como toda identidad). Poco después del descubrimiento de Barnard, Camille Flammarion sugirió para *Júpiter 5* el nombre Amaltea (ésta era la cabra que, según la mitología griega, amamantó a Júpiter). Si bien ser amamantado por una cabra no es precisamente un acto de amor ilícito, al astrónomo francés debió parecerle suficientemente parecido.

La comisión de la IAU para la nomenclatura joviana, presidida por Tobias Owen, de la Universidad Estatal de Nueva York en Stony Brook, ha propuesto una serie de nombres para designar desde *Júpiter 6* a *Júpiter 13*. Dos principios han guiado esa selección: el nombre escogido debe ser el de un «amor ilícito» de Júpiter, pero un nombre que haya sido olvidado por esos infatigables examinadores de los clásicos que escogen los nombres para los asteroides, y debe acabar en *a* o en *e* según que la luna gire en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario alrededor de Júpiter. Pero según la opinión de algunos especialistas en el mundo clásico, esos nombres resultan excesivamente raros y el resultado es que dejan sin representación en el sistema joviano a algunos de los más significados amantes de Júpiter. El resultado es especialmente injusto con Hera (Juno), la esposa tantas veces despreciada de Zeus (Júpiter), que no figura en absoluto. Evidentemente, el suyo no era un amor ilícito. En la Tabla 3 aparece una lista alternativa de nombres donde se incluyen la mayoría de los principales amantes y también Hera. Es cierto que de utilizarse esos nombres se duplicarían algunos nombres de asteroides. Tal es precisamente el caso de los cuatro satélites galileanos, aunque la confusión que esa situación ha generado ha sido despreciable. Por otro lado, están los que defienden la posición de Barnard, según la cual basta con los números; entre los más destacados se encuentra Charles Kowal[11], del *Californian Institute of Technology*, el descubridor de *Júpiter 13* y *14*. Las tres posiciones tienen poderosas razones y será interesante ver cómo se desarrolla el debate. Por lo menos, no tenemos que juzgar todavía los méritos de las sugerencias en lid en cuanto a bautizar elementos sobre la superficie de los satélites jovianos.

Tabla 3

Nombres propuestos para los satélites jovianos.

Satélite	Nombres de la Comisión de la IAU	Nombres alternativos sugeridos aquí
Júpiter 5	Amaltea	Amaltea
Júpiter 6	Himalia	Maia
Júpiter 7	Elara	Hera
Júpiter 8	Pasiphae	Alcmene
Júpiter 9	Sinope	Leto
Júpiter 10	Lysithea	Demeter
Júpiter 11	Carme	Semele
Júpiter 12	Anake	Danae
Júpiter 13	Leda	Leda
Júpiter 14	—	—

Pero ese momento no tardará mucho en llegar. Se conocen treinta y una lunas de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. No existen fotografías de cerca de ninguna de ellas. Recientemente se ha adoptado la decisión de bautizar los elementos sobre las lunas del sistema solar externo con los nombres de figuras mitológicas de todas las culturas. Sin embargo, muy pronto la misión *Voyager* obtendrá imágenes de alta resolución de unas diez lunas y también de los anillos de Saturno. El área de la superficie total de los relativamente pequeños objetos del sistema solar exterior supera ampliamente las áreas de Mercurio, Venus, la Tierra, la Luna, Marte, Fobos y Deimos juntos. Todas las profesiones y culturas humanas tendrán la oportunidad de verse representadas y acaso podrán preverse también nombres de especies no humanas. En la actualidad existen posiblemente más astrónomos profesionales vivos que en toda la historia escrita previa de la humanidad. Supongo que muchos de ellos también serán conmemorados en el sistema solar externo —un cráter en Calisto, un volcán en Titán, una cordillera en Miranda, un ventisquero en el cometa Halley. (Por cierto, a los cometas se les designa por los nombres de sus descubridores).

A veces me pregunto cuál será el resultado final —si los que han sido grandes rivales quedarán separados al ser destinados a mundos distintos, o si aquellos que han hecho descubrimientos en colaboración quedarán unidos para siempre, con sus respectivos cráteres adyacentes—. Se han manifestado objeciones en el sentido de que los filósofos de la política resultan demasiado controvertidos. Personalmente me encantaría ver dos enormes cráteres yuxtapuestos llamados Adam Smith y Karl Marx. Incluso existen demasiados objetos en el sistema solar como para dedicarlos sólo a líderes políticos y militares ya fallecidos. Hay personas que han sugerido que la astronomía podría financiarse a base de vender nombres de cráteres a los mejores postores; creo, no obstante, que esa idea no llegará muy lejos.

Existe un curioso problema relacionado con los nombres en el sistema solar exterior.

Muchos de los objetos tienen una densidad tremendamente pequeña… como si fuesen de hielo, a modo de grandes bolas de nieve esponjosa de decenas o centenares de millas de diámetro. Si bien los objetos que se precipitan sobre dichos cuerpos producirán necesariamente cráteres, estos no perdurarán en el hielo por mucho tiempo. Cuando menos en algunos objetos del sistema solar exterior, los nombres de los elementos superficiales pueden ser pasajeros. Tal vez sea una ventaja: nos permitirá revisar nuestras opiniones sobre políticos u otros personajes y corregir eventualmente las decisiones en las que nuestro fervor nacional o ideológico se haya reflejado en la nomenclatura del sistema solar. La historia de la astronomía pone de manifiesto que es mejor ignorar algunas sugerencias sobre nomenclatura celeste. Por ejemplo, en 1688 Erhard Weigel de Jena propuso una revisión de las constelaciones del Zodíaco —Leo, Virgo, Piscis y Acuario, que todo el mundo tiene presentes cuando se le pregunta a qué signo pertenece—. En su lugar, Weigel propuso un «cielo heráldico» en el que las familias reales europeas estuviesen representadas por sus animales de tutela: un león y un unicornio en el caso de Inglaterra, por ejemplo. Me produce escalofríos imaginar la astronomía estelar descriptiva actual si se hubiese adoptado esa idea en el siglo XVII. El cielo estaría subdividido en doscientas diminutas regiones, una para cada nación o estado existente en un determinado momento.

La denominación de elementos del sistema solar no es básicamente una tarea de las ciencias exactas. Históricamente ha topado a cada momento con el prejuicio, la patriotería y la imprevisión. Sin embargo, y aunque sea algo pronto para autofelicitarse, considero que los astrónomos han dado últimamente pasos importantes en el sentido de quitarle localismo a la nomenclatura y hacerla representativa de toda la humanidad. También hay quienes piensan que se trata de una tarea intrascendente o cuando menos ingrata, pero algunos de nosotros estamos convencidos de su importancia. Nuestros más remotos descendientes estarán utilizando nuestra nomenclatura para sus hogares en la tórrida superficie de Mercurio, en las laderas de los valles marcianos, en las faldas de los volcanes de Titán, o en el campo helado del lejano Plutón, donde el Sol aparece como un punto brillante en un cielo de persistente oscuridad. Su visión de nosotros, de lo que estimamos y apreciamos hoy, puede ser básicamente determinada por cómo bautizamos hoy las lunas y los planetas.

CAPÍTULO 12

VIDA EN EL SISTEMA SOLAR

—A nadie veo en el camino —dijo Alicia.
—Me gustaría tener esos ojos —observó el Rey en tono malhumorado—. ¡Ser capaz de ver a Nadie! ¡Y a esa distancia, además! ¡Si esto es lo más que puedo hacer por ver a la gente de verdad, con esta luz!

LEWIS CARROLL,
Alicia a través del espejo

HACE MÁS DE TRESCIENTOS AÑOS, Anton van Leeuwenhoek, de Delft, exploró un nuevo mundo. Con el primer microscopio pudo observar una infusión de heno y quedó asombrado al comprobar que en ella pululaban pequeños seres:

«El 24 de abril de 1676, cuando observaba por casualidad ese agua, vi en ella, con gran asombro, una cantidad increíblemente grande de pequeños animálculos de varios tipos; entre otros, unos que eran tres o cuatro veces más largos que anchos. Su grosor era, a mi juicio, no mucho mayor que uno de los pequeños pelos que cubren el cuerpo de un piojo. Esos seres tenían unas patas muy cortas y delgadas sobre la cabeza (aunque fui incapaz de reconocer una cabeza, hablo así de ella por la única razón de que esa parte siempre iba hacia delante al moverse)… Cerca de la parte trasera había un glóbulo muy claro; y aprecié que la parte más trasera estaba ligeramente partida. Estos animálculos son muy astutos al moverse y a menudo dan vueltas en redondo».

Esos diminutos *animálculos* no habían sido vistos jamás por ningún ser humano. Y sin embargo, Leeuwenhoek no tuvo ninguna dificultad en considerarlos seres vivos.

Dos siglos más tarde, Louis Pasteur elaboró a partir del descubrimiento de Leeuwenhoek la teoría de las enfermedades provocadas por gérmenes y sentó las bases de una gran parte de la medicina moderna. Los objetivos de Leeuwenhoek no eran prácticos en absoluto, pero sí exploratorios y audaces. Él mismo nunca intuyó las futuras aplicaciones prácticas de su trabajo.

En mayo de 1974, la *Royal Society* de Gran Bretaña celebró una reunión para debatir sobre el tema *«El reconocimiento de la vida extraña»*. La vida en la Tierra se ha desarrollado a través de una progresión lenta, tortuosa y paulatina, conocida con el nombre de *evolución por selección natural*. Los factores aleatorios desempeñan un papel crítico en todo ese proceso —como, por ejemplo, qué gen en qué momento

mutará o cambiará por la acción de un fotón ultravioleta o un rayo cósmico procedente del espacio—. Todos los organismos de la Tierra están exquisitamente adaptados a los caprichos de su entorno natural. En algún planeta, con distintos factores aleatorios en juego y entornos extremadamente exóticos, la vida puede haber evolucionado de forma muy distinta. Si, por ejemplo, se hace llegar un vehículo a Marte, ¿seríamos incluso capaces de reconocer las formas de vida local?

Un tema sobre el que la discusión de la *Royal Society* hizo mucho hincapié fue que la vida en cualquier lugar podría reconocerse por su improbabilidad. Pensemos en los árboles, por ejemplo. Los árboles son estructuras largas y flacas que sobresalen del suelo, más gruesos en la parte baja que en la copa. Es fácil ver que después de milenios de erosión por el agua y el viento, la mayoría de los árboles deben haber caído. Están en desequilibrio mecánico. Son estructuras inverosímiles. No todas las estructuras de copa pesada han sido producidas por la biología. Existen, por ejemplo, las rocas fungiformes de las zonas desérticas. Pero si lo que se observase fuese una gran cantidad de estructuras de copa pesada, todas con la misma apariencia, deduciríamos lógicamente que tendrían un origen biológico. Como en el caso de los *animálculos* de Leeuwenhoek. Existen muchos de ellos, muy parecidos entre sí, de estructuras complejas y, en principio, muy improbables. Sin haberlos visto nunca antes, intuiríamos con acierto que son biológicos.

Se ha debatido intensamente acerca de la naturaleza y la definición de la vida. Las definiciones más acertadas hacen referencia al proceso evolutivo. Pero no podemos esperar a llegar a otro planeta y ver si algún objeto de las inmediaciones está evolucionando. No tenemos tiempo para eso. La búsqueda de la vida debe hacerse desde una óptica mucho más práctica. Este punto apareció con cierta elegancia en la reunión de la *Royal Society* cuando, tras un diálogo caracterizado por una intensa vaguedad metafísica, se levantó sir Peter Medawar y dijo: *«Caballeros, todos los presentes en esta sala conocen la diferencia entre un caballo vivo y un caballo muerto. Les rogaría, por tanto, que dejásemos de hostigar a este caballero»*. Medawar y Leeuwenhoek hubiesen estado completamente de acuerdo.

Pero, ¿existen árboles o animálculos en otros mundos de nuestro sistema solar? La respuesta es sencilla: nadie lo sabe todavía. Desde los planetas más cercanos, resultaría imposible detectar fotográficamente la presencia de vida en nuestro propio planeta. Incluso con las observaciones orbitales más próximas de Marte conseguidas hasta la fecha, desde los vehículos norteamericanos *Mariner 9* y *Viking 1* y *2*, no se aprecian los detalles superficiales menores de 100 metros de longitud. Como quiera que incluso los más ardientes entusiastas de la vida extraterrestre no defienden la existencia de elefantes marcianos de 100 metros de longitud, todavía faltan por realizar muchas pruebas importantes.

Hasta el momento, tan sólo podemos evaluar las condiciones ambientales de los

demás planetas, determinar si son tan duras como para excluir la vida —incluso bajo formas distintas a las que conocemos en la Tierra— y, en el caso de entornos más benignos, especular tal vez sobre las formas de vida que puedan darse. La única excepción está en los resultados del aterrizaje de los *Viking*, comentados brevemente más arriba.

Un lugar puede resultar demasiado caluroso o demasiado frío para la vida. Si las temperaturas son excesivamente elevadas —por ejemplo, varios miles de grados centígrados—, entonces las moléculas que constituirían el organismo se descompondrían. Así, se ha excluido el Sol como sede de la vida. Por otra parte, si las temperaturas son excesivamente bajas, entonces las reacciones químicas que configuran el metabolismo interno del organismo se producirían a una velocidad demasiado baja. Por esa razón, los restos frígidos de Plutón se han excluido como sede de la vida. Sin embargo, existen reacciones químicas que se producen a velocidades considerables a temperaturas bajas, pero son poco conocidas en la Tierra, donde a los químicos les disgusta trabajar en el laboratorio a -230° C. Debemos evitar caer en una visión demasiado chauvinista de la materia.

Los planetas exteriores gigantes del sistema solar, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, se excluyen a veces por razones biológicas, dado que sus temperaturas son muy bajas. Pero esas temperaturas son las de sus nubes superiores. En las zonas inferiores de las atmósferas de esos planetas, como en la atmósfera de la Tierra, deberán darse condiciones mucho más benignas. Y parecen ser ricas en moléculas orgánicas. De ninguna manera pueden excluirse.

Así como los seres humanos necesitamos oxígeno, difícilmente puede recomendarse éste, ya que existen muchos organismos para los cuales el oxígeno es un veneno. Si no existiese la fina capa protectora de ozono de nuestra atmósfera, creada a partir del oxígeno por la luz solar, rápidamente quedaríamos achicharrados por la luz ultravioleta procedente del Sol. Pero, dicho de otra manera, pueden imaginarse fácilmente parasoles ultravioletas o moléculas biológicas impermeables a la radiación *cuasi* ultravioleta. Esas consideraciones no hacen sino subrayar nuestra ignorancia.

Una distinción importante con relación a los demás mundos de nuestro sistema solar es el espesor de sus atmósferas. En ausencia total de atmósfera, resulta muy difícil concebir la vida. Pensamos que, como en la Tierra, en los demás planetas la biología debe estar presidida por la luz solar. En nuestro planeta, las plantas comen luz solar y los animales comen plantas. Si todos los organismos de la Tierra se viesen forzados (por una catástrofe inimaginable) a llevar una existencia subterránea, la vida dejaría de existir en cuanto se agotasen las existencias de alimentos. Las plantas, los organismos fundamentales de cualquier planeta, deben estar expuestas al Sol. Pero si un planeta no dispone de atmósfera, no sólo la radiación ultravioleta, sino también los

rayos X y los rayos gamma y las partículas cargadas del viento solar se precipitarían sin obstáculo alguno sobre la superficie planetaria destruyendo las plantas.

Pero, además, se requiere una atmósfera para el intercambio de materiales de forma que no se gasten todas las moléculas básicas para la biología. En la Tierra, por ejemplo, las plantas verdes liberan oxígeno —un producto de desecho para ellas— a la atmósfera. Muchos animales que respiran, como por ejemplo los seres humanos, inhalan oxígeno y liberan dióxido de carbono, que a su vez aceptan las plantas. Sin ese sabio (y penosamente alcanzado) equilibrio entre las plantas y los animales, enseguida nos quedaríamos sin oxígeno o sin dióxido de carbono. Por esas dos razones —protección ante la radiación e intercambio molecular— para la vida parece necesaria una atmósfera.

Algunos de los mundos de nuestro sistema solar tienen atmósferas extremadamente delgadas. Por ejemplo, nuestra Luna posee en su superficie menos de una millonésima parte de la presión atmosférica terrestre. Los astronautas de las sucesivas misiones *Apollo* examinaron seis lugares de la cara visible de la Luna. No encontraron ni estructuras de copa pesada ni animales que se desplazasen pesadamente. De la Luna se trajeron casi cuatrocientos kilogramos de muestras que fueron examinadas meticulosamente en los laboratorios terrestres. No se han encontrado ni animálculos, ni microbios, muy pocos compuestos orgánicos y sólo rastros de agua. Esperábamos que no hubiese vida en la Luna, y así parece confirmarse. Mercurio, el planeta más cercano al Sol, se parece a la Luna. Su atmósfera es extraordinariamente sutil y no debiera hacer posible la vida. En el sistema solar exterior existen muchos grandes satélites del tamaño de Mercurio o de nuestra Luna, compuestos por mezclas de rocas (como la Luna y Mercurio) y hielos. En esa categoría se encuentra Ío, la segunda luna de Júpiter. Su superficie parece estar cubierta por una especie de depósito rojizo de sal. Muy poco sabemos de él. Pero, precisamente por su baja presión atmosférica, no es de esperar que haya vida allí.

Hay también planetas con atmósferas moderadas. La Tierra es el ejemplo más conocido. Aquí la vida ha desempeñado un papel fundamental en la determinación de la composición de nuestra atmósfera. Evidentemente, el oxígeno lo produce la fotosíntesis de las plantas verdes, pero se piensa incluso que el nitrógeno es producido por bacterias. El oxígeno y el nitrógeno constituyen por sí solos el 99 por ciento de nuestra atmósfera, cuya composición ha sufrido el trabajo continuo y a gran escala de la vida en nuestro planeta.

La presión total en Marte es aproximadamente la mitad de un uno por ciento de la terrestre, pero su atmósfera está compuesta fundamentalmente por dióxido de carbono. Existen pequeñas cantidades de oxígeno, vapor de agua, nitrógeno y otros gases. Evidentemente, la atmósfera de Marte no ha sufrido el trabajo continuo de la

biología, pero no sabemos lo suficiente de Marte como para excluir la posibilidad de vida. En algunos momentos y lugares, tiene temperaturas adecuadas, así como una atmósfera suficientemente densa y también agua abundante almacenada en el suelo y en los casquetes polares. Algunas variedades de microorganismos terrestres podrían sobrevivir muy bien allí. El *Mariner 9* y los *Viking* encontraron centenares de lechos de río secos, posibles exponentes de que en alguna época de la historia geológica reciente del planeta corría por ellos agua líquida en abundancia. Es un mundo en espera de exploración.

Un tercer ejemplo aunque menos conocido de lugares con atmósferas moderadas es Titán, la luna mayor de Saturno. Titán parece tener una atmósfera de una densidad comprendida entre las de Marte y la Tierra. Sin embargo, esa atmósfera está fundamentalmente constituida por hidrógeno y metano, y está coronada por una capa continua de nubes rojizas —posiblemente formadas por complejas moléculas orgánicas—. Debido a su lejanía, solo recientemente se ha centrado sobre Titán la atención de los exobiólogos; hoy se afirma como una promesa fascinante a largo plazo.

Los planetas con atmósferas muy densas presentan un problema especial. Como ocurre en la Tierra, esas atmósferas son frías en la parte superior y calientes cerca del suelo. Pero cuando la atmósfera es muy espesa, las temperaturas próximas al suelo resultan demasiado elevadas para la biología. En el caso de Venus, las temperaturas superficiales son de unos 480° C; en los planetas jovianos, alcanzan los miles de grados centígrados. Tenemos la impresión de que todas esas atmósferas son convectivas, atravesadas por vientos verticales que transportan materiales en ambas direcciones. Posiblemente no pueda imaginarse la vida en esas superficies a causa de sus elevadas temperaturas. El medio ambiente de las nubes es perfectamente adecuado, pero la convección llevaría esos hipotéticos organismos de las nubes hacia sus profundidades, donde se achicharrarían. Existen dos soluciones obvias. Pueden existir pequeños organismos que se reproduzcan al mismo ritmo que son llevados hacia abajo, hacia la cazuela planetaria, o bien los organismos pueden mantenerse a flote. Los peces de la Tierra disponen de vejigas natatorias para ese mismo fin; tanto en Venus como en los planetas jovianos puede pensarse en organismos básicamente repletos de hidrogeno. Para poder flotar en las temperaturas moderadas de Venus, deberían tener unos cuantos centímetros de longitud, pero para eso mismo en Júpiter tendrían que ser por lo menos de varios metros —del tamaño de pelotas de ping-pong y de los globos meteorológicos, respectivamente—. No sabemos si existen esos animales, pero resulta interesante darse cuenta de que pueden considerarse como una posibilidad que no atenta contra nuestros conocimientos actuales de física, química y biología.

Nuestra profunda ignorancia acerca de la posible existencia de vida en otros

planetas puede finalizar en el curso del presente siglo. Existen planes elaborados para examinar, tanto desde el punto de vista químico como biológico, todos esos mundos candidatos. El primer paso lo constituyeron las misiones norteamericanas *Viking*, que consiguieron posar dos sofisticados laboratorios automáticos sobre Marte en verano de 1976, casi trescientos años justos después del descubrimiento de los animálculos en la infusión de heno por parte de Leeuwenhoek. Los *Viking* no encontraron ninguna estructura curiosa por los alrededores (ni tampoco ninguna que vagase por ahí) del tipo de copa pesada, así como tampoco detectaron moléculas orgánicas. De tres experimentos sobre el metabolismo microbiano, dos de ellos, realizados en los dos lugares en que se posaron los vehículos, dieron repetidamente lo que parecían ser resultados positivos. Las implicaciones siguen debatiéndose intensamente todavía. Además, cabe recordar que los dos vehículos *Viking* examinaron con detalle, incluso fotográficamente, menos de una millonésima parte de la superficie del planeta. Se requieren más observaciones, en especial realizadas con instrumentos más sofisticados (incluyendo telescopios) y con vehículos móviles. Pero, a pesar de la ambigüedad de los resultados de los *Viking*, esas misiones representan la primera ocasión en toda la historia de la especie humana en que se ha examinado cuidadosamente otro mundo en busca de vida.

Es posible que en las próximas décadas se envíen sondas capaces de mantenerse a flote en las atmósferas de Venus, Júpiter y Saturno, y vehículos que se posen sobre Titán, y que se realicen estudios detallados de la superficie marciana. En la séptima década del siglo XX se inició una nueva era de la exploración planetaria y de la exobiología. Vivimos en una época de aventura y de enorme interés intelectual; pero también, como lo demuestra el paso de Leeuwenhoek a Pasteur, en medio de un empeño que promete tener grandes resultados prácticos.

CAPÍTULO 13

TITÁN, LA ENIGMÁTICA LUNA DE SATURNO

Es Titán, calentado por una manta de hidrógeno;
sus volcanes helados lanzan amoníaco
arrancado de un corazón glacial. Las lavas
líquidas y heladas sostienen un imperio
mayor que Mercurio, y también un poco
como la primitiva Tierra: llanuras de asfalto
y mares de mineral caliente.
Pero cómo me gustaría probar las aguas de Titán,
bajo su cielo surcado por los humos,
donde el suelo aparece borroso por la neblina rojiza de arriba,
como cavernas flotantes, nubes que se elevan y se desplazan,
de las que cae material vítreo primigenio, mientras
la vida espera en las alas.

DIANE ACKERMAN,
The Planets (Morrow, Nueva York, 1976)

TITÁN NO ES UN NOMBRE CONOCIDO, ni un mundo conocido. Normalmente no reparamos en él cuando revisamos una lista de objetos del sistema solar. Pero en los últimos años este satélite de Saturno se ha convertido en un lugar de interés extraordinario y de singular importancia para la exploración futura. Nuestros estudios más recientes sobre Titán indican que posee una atmósfera muy parecida a la de la Tierra —por lo menos en cuanto a su densidad—; más que cualquier otro objeto del sistema solar. Este sólo hecho le proporciona una nueva significación, en una época en que se inicia seriamente la exploración de otros mundos.

Además de ser el mayor satélite de Saturno, Titán también es, según el reciente estudio de Joseph Veverka, James Elliot y otros, de la Universidad de Cornell, el mayor satélite del sistema solar (unos 5800 kilómetros de diámetro). Titán es mayor que Mercurio y casi tan grande como Marte. Y sin embargo está en órbita alrededor de Saturno.

Examinando los dos mundos mayores del sistema solar exterior, Júpiter y Saturno, podemos obtener algunas pistas sobre la naturaleza de Titán. Ambos planetas presentan una coloración global rojiza o marrón. Es decir, la capa superior de nubes que vemos desde la Tierra tiene fundamentalmente esa coloración. Algo en la atmósfera y las nubes de esos planetas es capaz de absorber fuertemente la luz azul y la ultravioleta, de forma que la luz que refleja hacia nosotros es básicamente roja. De hecho, el sistema solar exterior posee un cierto número de objetos que son

especialmente rojos. Aunque no disponemos de fotografías en color de Titán, ya que se encuentra a 800 millones de millas y tiene un tamaño angular menor que el de los satélites galileanos de Júpiter, los estudios fotoeléctricos ponen de manifiesto que ese satélite es efectivamente muy rojo. Los primeros astrónomos en plantearse ese problema creían que Titán era rojo por la misma razón que lo es Marte: por su superficie oxidada. Pero entonces la causa del color rojo de Titán sería muy distinta de la correspondiente a Júpiter o a Saturno, puesto que no llegamos a ver la superficie sólida de estos últimos planetas.

En 1944, Gerard Kuiper detectó espectroscópicamente una atmósfera de metano alrededor de Titán, siendo el primer satélite en el que se encontró una atmósfera. Desde entonces se han confirmado las observaciones de metano y Lawrence Trafton, de la Universidad de Texas, ha aportado una prueba sugestiva (o cuando menos moderadamente sugestiva) sobre la presencia de hidrógeno molecular.

Como se conoce la cantidad de gas necesaria para producir las características de absorción espectral observadas y como también se conoce, a partir de su masa y radio, la gravedad superficial en Titán, puede deducirse la presión atmosférica mínima. El resultado viene a ser de 10 milibares, un uno por ciento de la presión atmosférica terrestre; es una presión que supera a la de Marte. Titán posee la presión atmosférica más parecida a la de la Tierra de todo el sistema solar.

Las mejores, aunque también las únicas imágenes basadas en observaciones telescópicas visuales de Titán, han sido realizadas por Audouin Dollfus en el Observatorio de Meudon, Francia. Se trata de unos dibujos a mano trazados junto al telescopio en momentos de estabilidad atmosférica. Basándose en las formas variables que observó, Dollfus dedujo que en Titán se producían acontecimientos que no guardaban relación directa con el período de rotación del satélite (se considera que Titán siempre muestra la misma cara ante Saturno, como ocurre en el caso de nuestra Luna y la Tierra). Dollfus supuso que debían de ser nubes dispersas.

Nuestro conocimiento de Titán ha experimentado un número sustancial de saltos cuánticos en los últimos años. Los astrónomos han logrado obtener la curva de polarización de ciertos objetos pequeños. La idea consiste en que inicialmente la luz solar no polarizada cae sobre Titán y es polarizada en la reflexión. Esa polarización la detecta un instrumento cuyo principio es parecido, aun siendo mucho más sofisticado y más sensible, al de las gafas de sol «polaroid». La cantidad de polarización se mide conforme Titán pasa a través de unas pocas fases —entre la fase de Titán «lleno» y la de Titán «menguante». Al comparar la curva de polarización resultante con las disponibles en el laboratorio, se obtienen datos sobre el tamaño y la composición del material que provoca la polarización.

Las primeras observaciones de la polarización de Titán fueron realizadas por Joseph Veverka e indicaban que la luz solar es reflejada básicamente por las nubes de

Titán y no por una superficie sólida. Al parecer hay en Titán una superficie y una atmósfera baja que no somos capaces de ver; encima una capa de nubes opaca y una atmósfera por encima de ésta, ambos elementos visibles para nosotros; y un sistema de nubes ocasionales dispersas, más exterior todavía. Como Titán se ve de color rojo y lo vemos al nivel de la capa de nubes, debemos concluir que en Titán existen nubes rojas.

Una confirmación adicional de esa idea la proporciona la pequeñísima cantidad de luz ultravioleta reflejada por Titán, según las mediciones del Observatorio Astronómico Orbital. La única forma de que se mantenga a bajo nivel el brillo ultravioleta de Titán es la de suponer que los elementos que absorben el ultravioleta se encuentran a considerable altitud en la atmósfera. De no ser así, la reflexión Rayleigh provocada por las moléculas atmosféricas haría que Titán brillase en el ultravioleta (la reflexión Rayleigh es la reflexión preferente de la luz azul más que de la luz roja, y es la explicación del color azulado del cielo de la Tierra). Pero los materiales que absorben el ultravioleta y el violeta aparecen rojos en la luz reflejada. Así pues, se dan dos consideraciones distintas (o tres, teniendo en cuenta los dibujos a mano) que sugieren la existencia de un amplio recubrimiento de nubes en Titán. ¿Qué entendemos por amplio? Más del 90 por ciento de Titán debe de encontrarse bajo las nubes para que cuadren los datos de polarización. Titán parece estar cubierto por densas nubes rojas.

Un segundo y sorprendente descubrimiento se produjo en 1971, cuando D. A. Allen, de la Universidad de Cambridge, y T. L. Murdock, de la Universidad de Minnesota, encontraron que la emisión infrarroja por causa del calentamiento solar observada en Titán a longitudes de onda comprendidas entre 10 y 14 micrones es más del doble que la esperada. Titán es demasiado pequeño como para tener una importante fuente interna de energía, como ocurre con Júpiter o Saturno. La única explicación parecería ser un efecto invernadero, según el cual la temperatura superficial aumenta hasta que la radiación infrarroja saliente contrarresta la radiación visible absorbida que recibe el satélite. Es ese mismo efecto invernadero el que mantiene la temperatura superficial de la Tierra por encima de los 0° C y la de Venus a 480° C.

Pero, ¿qué provoca en Titán un efecto invernadero? Difícilmente será el dióxido de carbono o el vapor de agua, como ocurre en la Tierra y Venus, ya que estos gases se encuentran helados en su mayoría en Titán. He calculado que unos cuantos centenares de milibares de hidrógeno (1000 milibares es la presión atmosférica total a nivel del mar en la Tierra) serían capaces de proporcionar un adecuado efecto invernadero. Como se trata de una cantidad de hidrógeno superior a la observada, las nubes debieran ser opacas en ciertas longitudes de onda corta y casi transparentes en ciertas longitudes de onda más largas. James Pollack, del Ames Research Center de la

NASA, ha calculado que también bastaría con unos centenares de milibares de presión de metano y, además, consigue explicar algunos detalles del espectro de emisión infrarrojo de Titán. Esa gran cantidad de metano tendría que estar por debajo de las nubes. Ambos modelos del efecto invernadero tienen la virtud de utilizar sólo gases que se cree existen en Titán; evidentemente, ambos gases pueden desempeñar un papel importante.

Robert Danielson, recientemente fallecido, y sus colegas de la Universidad de Princeton propusieron un modelo alternativo de atmósfera para Titán. Sugirieron que las pequeñas cantidades de hidrocarburos sencillos —etano, etileno y acetileno— observados en la atmósfera alta de Titán absorben luz ultravioleta del sol y calientan la atmósfera alta. Entonces, lo que vimos en el infrarrojo es la atmósfera alta caliente, y no la superficie. Este modelo no requiere una superficie enigmáticamente caliente, ni efecto invernadero, ni presión atmosférica de unos centenares de milibares.

¿Qué punto de vista es el correcto? Por el momento nadie lo sabe. La situación actual recuerda la época de los estudios de Venus en los años 60, cuando ya se sabía que la temperatura de brillo *radio* del planeta era elevada y se debatía calurosamente (pero con propiedad) si la emisión procedía de una superficie caliente o de una región caliente de la atmósfera. Como las ondas radio lo atraviesan todo excepto las atmósferas y nubes más densas, el problema de Titán podrá resolverse en cuanto dispongamos de una medición fiable de la temperatura de brillo *radio* del satélite. La primera medición de ese tipo fue realizada por Frank Briggs, de Cornell, con el interferómetro gigante del *National Radio Astronomy Observatory* de Green Bank, West Virginia. Briggs determinó una temperatura superficial de Titán de -140° C, con un margen de error de 45° C. Caso de no producirse el efecto invernadero, la temperatura tendría que ser de -185° C; por tanto, las observaciones de Briggs parecen sugerir la presencia de un efecto invernadero de cierta envergadura y de una atmósfera densa, aunque el margen de error de la medición es lo suficientemente grande como para no descartar el caso de un efecto invernadero nulo.

Observaciones posteriores llevadas a cabo por otros dos grupos de radioastrónomos proporcionan valores a la vez mayores y menores que los resultados de Briggs. Los elevados valores de las temperaturas se acercan sorprendentemente a los de las regiones frías de la Tierra. La situación en que se encuentra actualmente la observación, al igual que la atmósfera de Titán, parece un tanto oscura. El problema podría resolverse si pudiésemos medir el tamaño de la superficie sólida de Titán mediante el radar (los instrumentos ópticos sólo proporcionan la distancia que separa la capa de nubes de su correspondiente zona diametralmente opuesta). Posiblemente ese problema tenga que esperar a los estudios que realizará la misión *Voyager*, en la que se tiene previsto el envío de dos vehículos muy sofisticados hacia Titán —uno de ellos pasará muy cerca de él— en 1981.

Sea cual fuere el modelo que seleccionemos, es coherente con las nubes rojas. Pero, ¿de qué están formadas? Si consideramos una atmósfera de metano e hidrógeno y le damos energía, se constituirá una serie de compuestos orgánicos, tanto hidrocarburos sencillos (como los requeridos para dar lugar a la zona de inversión de Danielson en la atmósfera alta) como complejos. En nuestro laboratorio de Cornell, Bishun Khare y yo hemos simulado los tipos de atmósferas que existen en el sistema solar exterior. Las complejas moléculas orgánicas que se sintetizan en ellas tienen propiedades ópticas parecidas a las de las nubes de Titán. Pensamos que hay indicios importantes de la existencia de abundantes compuestos orgánicos en Titán, tanto en forma de gases simples en la atmósfera, como de complejos orgánicos en las nubes y en la superficie.

Uno de los problemas de una amplia atmósfera en Titán es el de que el ligero gas hidrógeno debería estar fluyendo hacia el exterior debido a su baja densidad. La única forma en que puedo explicar esa situación consiste en decir que el hidrógeno se encuentra en estado estable. Es decir, escapa, pero se renueva a partir de alguna fuente interna —lo más probable es que se trate de volcanes—. La densidad de Titán es tan baja que su interior debe de estar constituido principalmente por hielos. Podemos considerarlo como un cometa gigante formado por hielos de metano, amoníaco y agua. Pero debe tener también una pequeña mezcla de elementos radiactivos que, al desintegrarse, van calentando el medio. El problema de la conducción del calor ha sido estudiado por John Lewis, del *Massachusetts Institute of Tecnology*; de ese estudio se desprende que el subsuelo de Titán debe ser de consistencia fangosa. El metano, el amoníaco y el vapor de agua deben fluir desde el interior y romperse por la acción de la luz solar ultravioleta, produciendo al mismo tiempo hidrógeno atmosférico y los compuestos orgánicos de las nubes. Debe haber volcanes superficiales formados por hielos y no por rocas, capaces de lanzar en sus erupciones ocasionales hielo líquido en lugar de rocas líquidas, una lava compuesta por metano, amoníaco y tal vez agua.

El escape de ese hidrógeno tiene otra consecuencia. Una molécula atmosférica capaz de alcanzar la velocidad de escape de Titán no tiene, en general, por qué alcanzar la velocidad de escape de Saturno. Así, tal como han indicado Thomas McDonouyh y el recientemente fallecido Neil Brice, de Cornell, el hidrógeno que va perdiendo Titán formaría un toroide difuso de gas hidrógeno alrededor de Saturno. Se trata de una predicción interesante, expuesta por primera vez para el caso de Titán, pero posiblemente aplicable también a otros planetas. El *Pioneer 10* ha detectado ese toroide de hidrógeno alrededor Júpiter en las proximidades de Ío. En cuanto el *Pioneer 11* y los *Voyager 1* y *2* se acerquen a Titán, estarán en condiciones de detectar el toroide producido por Titán.

Titán será el objeto más fácil de explorar en el sistema solar exterior. Los mundos

que casi no disponen de atmósfera, como los asteroides, presentan un problema de aterrizaje puesto que en ellos no puede utilizarse la resistencia atmosférica para frenar. Los mundos gigantes como Júpiter y Saturno presentan el problema inverso: la aceleración debida a la gravedad es tan elevada y el aumento de la densidad atmosférica tan rápido que resulta difícil diseñar una sonda atmosférica que no se queme al caer hacia la superficie. Sin embargo, Titán tiene una atmósfera bastante densa y una gravedad bastante baja. Si estuviese algo más cerca, posiblemente ya estaríamos ahora lanzando sondas para que recorriesen su atmósfera.

Titán es un mundo encantador, deslumbrante e instructivo, del que nos hemos dado cuenta repentinamente que es accesible a la exploración mediante vuelos de aproximación para determinar los grandes parámetros y buscar hendiduras en las nubes; mediante sondas atmosféricas para conocer las nubes rojas y su misteriosa atmósfera; y mediante vehículos de aterrizaje, para examinar una superficie como ninguna de las conocidas. Titán proporciona una oportunidad inmejorable para estudiar las especies de la química orgánica que en la Tierra han supuesto el origen de la vida. A pesar de sus bajas temperaturas, no es para nada imposible que exista una biología titánica. La geología de su superficie puede ser única en todo el sistema solar. Titán está esperando…

CAPÍTULO 14

LOS CLIMAS DE LOS PLANETAS

¿No es acaso la altura del humor silencioso lo que causa un cambio desconocido en el clima de la Tierra?

ROBERT GRAVES, *the Meeting*

SE CREE QUE, hace de 30 a 10 millones de años, las temperaturas de la Tierra disminuyeron lentamente, pero sólo unos pocos grados centígrados. Pero muchos animales y plantas tienen ciclos biológicos ajustados muy sensibles a la temperatura; grandes zonas forestales tuvieron que recular hacia latitudes más tropicales. El retroceso de las selvas modificó lentamente los hábitats de los pequeños animales peludos binoculares, que sólo pesaban unos pocos kilos y que pasaban su existencia saltando de rama en rama con la ayuda de sus brazos. Una vez desaparecidas las selvas, sólo quedaron aquellas criaturas peludas capaces de sobrevivir en las sabanas de matorrales. Unas decenas de millones de años más tarde, esos animales dejaron dos clases de descendientes: una en la que se incluyen los mandriles y otra de seres humanos. Es posible que debamos nuestra existencia a cambios climáticos que, por término medio, no sobrepasan los pocos grados. Esos cambios han provocado la aparición de algunas especies y la extinción de otras. El carácter de la vida en nuestro planeta ha quedado poderosamente marcado por esas variaciones y cada vez resulta más claro que el clima continúa modificándose en la actualidad.

Existen muchos indicadores de los cambios climáticos del pasado. Algunos métodos penetran en profundidad en el pasado, otros tienen sólo un campo de aplicación limitado. Los métodos también difieren por su fiabilidad. Uno de ellos, con validez de hasta un millón de años, se basa en el cociente de los isótopos de oxígeno 18 y oxígeno 16 en los carbonatos de las conchas de los foraminíferos fósiles. En esas conchas, que pertenecen a especies muy parecidas a las que podemos estudiar en la actualidad, el cociente de oxigeno 16/oxígeno 18 varía en función de la temperatura del agua en la que se formaron. Un método muy parecido al de los isótopos del oxígeno es el que se basa en el cociente entre los isótopos de azufre 34 y azufre 32. Existen otros indicadores fósiles más directos; por ejemplo, la extendida presencia de corales, higueras y palmeras denota temperaturas elevadas y los abundantes restos de grandes animales peludos, como los mamuts, denotan temperaturas frías. El mundo geológico dispone de muchas muestras de las glaciaciones —enormes bloques móviles de hielo que han dejado cantos rodados y vestigios muy característicos de la erosión—. Existe también certeza acerca de la

existencia de yacimientos de evaporitas —regiones en las que el agua salada se ha evaporado dejando depósitos salinos—. Esa evaporación se produce preferentemente en los climas cálidos.

Cuando se conjuga toda esta variedad de información climática, aparece un modelo complejo de variación de temperatura. Por ejemplo, en ningún momento la temperatura media de la Tierra es inferior al punto de congelación del agua y en ningún momento tampoco llega a aproximarse al punto normal de ebullición del agua. Pero son muy frecuentes las variaciones de varios grados e incluso pueden haberse producido variaciones de veinte o treinta grados, por lo menos localmente. Se producen fluctuaciones de varios grados centígrados a lo largo de períodos característicos de decenas de miles de años; la sucesión reciente de períodos glaciales e interglaciales mantiene ese ritmo y esa amplitud. Pero existen también fluctuaciones climáticas de períodos mucho mayores, el más largo de los cuales es del orden de varios centenares de millones de años. Los períodos calientes parecen haberse producido hace unos 650 millones de años y unos 270 millones de años. Basándonos en las fluctuaciones climáticas del pasado, nos encontramos en medio de una edad del hielo. Durante la mayoría de la historia de la Tierra no han existido casquetes polares «permanentes» como los que hoy en día constituyen el Ártico y el Antártico. En los últimos siglos, la Tierra ha emergido parcialmente de esa época de hielos gracias a alguna variación climática menor todavía no explicada; existen ciertos indicios que apuntan hacia el hecho de que la Tierra está volviendo a caer en las temperaturas globalmente frías que caracterizan nuestra época, considerada desde la perspectiva de los tiempos geológicos. Es un hecho establecido que hace unos dos millones de años el lugar que ocupa actualmente la ciudad de Chicago se encontraba cubierto por una capa de hielo de una milla de espesor.

¿Qué factores determinan la temperatura de la Tierra? Vista desde el espacio, es una esfera azul en rotación, salpicada de nubes, desiertos de color rojizo-marrón y brillantes casquetes polares blancos. La energía necesaria para el calentamiento de la Tierra procede casi exclusivamente de la luz solar, siendo la cantidad de energía procedente del núcleo caliente de la Tierra inferior a una milésima de un uno por ciento de la que alcanza la superficie en forma de luz visible desde el Sol. Pero no toda la luz solar es absorbida por la Tierra. Una parte es reflejada nuevamente hacia el espacio por los casquetes polares, las nubes y las rocas y las aguas de la superficie terrestre. La reflectividad media, llamada albedo, de la Tierra se mide directamente desde satélites e indirectamente a partir del brillo terrestre reflejado en la cara oscura de la Luna y tiene un valor del 35% aproximadamente. El 65% de la luz solar que es absorbido por la Tierra sirve para calentarla hasta una temperatura que puede calcularse fácilmente. Esta temperatura es de unos -18° C, por debajo del punto de congelación del agua de mar y unos 30° C más fría que la temperatura media medida

sobre la Tierra.

La diferencia se debe al hecho de que este cálculo no tiene en cuenta lo que se llama el efecto invernadero. La luz visible procedente del Sol penetra en la clara atmósfera terrestre y se transmite hasta su superficie. Sin embargo, la superficie, al intentar devolver nuevamente la radiación al espacio, se ve forzada por las leyes de la física a hacerlo en infrarrojos. La atmósfera no es tan transparente en infrarrojos y a algunas longitudes de onda de la radiación infrarroja —como a 6,2 micrones o a 15 micrones— la radiación sólo es capaz de desplazarse unos pocos centímetros antes de ser absorbida por los gases atmosféricos. Como la atmósfera de la Tierra es bastante opaca a los rayos infrarrojos, absorbiéndola a muchas longitudes de onda, la radiación térmica despedida por la superficie terrestre es incapaz de escapar hacia el espacio. Para mantener el equilibrio entre la radiación recibida por la Tierra desde el espacio y la radiación emitida desde la Tierra hacia el espacio, la temperatura superficial de la Tierra aumenta. El efecto de invernadero se debe no a los principales componentes de la Tierra, tales como el oxígeno y el nitrógeno, sino casi exclusivamente a sus componentes menores, en especial el dióxido de carbono y el vapor de agua.

Como ya hemos visto, el planeta Venus posiblemente sea un caso en el que la inyección masiva de dióxido de carbono y de menores cantidades de vapor de agua en la atmósfera planetaria ha provocado un efecto de invernadero de proporciones tan grandes que el agua no puede mantenerse en la superficie en estado líquido; de ahí que la temperatura planetaria se eleve hasta un valor extraordinariamente alto, 480° C en el caso de Venus.

Hasta ahora hemos estado considerando temperaturas medias. Pero la temperatura de la Tierra varía de un lugar a otro. Es más baja en los polos que en el ecuador ya que, en general, la luz solar cae directamente sobre el ecuador y oblicuamente sobre los polos. La tendencia a que exista una gran diferencia de temperaturas entre el ecuador y los polos de la Tierra queda muy matizada por la circulación atmosférica. El aire frío se eleva en el ecuador, desplazándose a gran altitud hacia los polos, donde desciende hacia la superficie y desde allí recorre nuevamente el camino, esta vez a pequeña altitud, desde el polo hasta el ecuador. Este movimiento general —complicado por la rotación de la Tierra, por su topografía y por los cambios de fase del agua— es la causa del tiempo atmosférico.

La temperatura media de unos 15° C que se observa actualmente en la Tierra puede explicarse bastante bien a partir de la intensidad de luz solar observada, del albedo global, de la inclinación del eje de rotación y del efecto invernadero. Pero todos esos parámetros pueden variar, en principio; y los cambios climáticos del pasado o del futuro pueden atribuirse a variaciones de algunos de ellos. De hecho, ha habido casi cien teorías diferentes sobre los cambios climáticos en la Tierra, e incluso

en la actualidad el tema se caracteriza por la falta de unanimidad de opiniones. Y ello no es debido a que los climatólogos sean ignorantes por naturaleza, sino más bien a causa de la extraordinaria complejidad del tema.

Posiblemente se den los dos mecanismos de retroalimentación, el positivo y el negativo. Supongamos, por ejemplo, que se produjese una disminución de la temperatura de la Tierra en varios grados. La cantidad de vapor de agua de la atmósfera queda determinada casi prácticamente por la temperatura y disminuye, a través de las nevadas, a medida que disminuye la temperatura. Menos agua en la atmósfera significa un efecto invernadero menor y un nuevo descenso de la temperatura, lo cual puede provocar un cantidad todavía menor de vapor de agua atmosférico, y así sucesivamente. De la misma manera, una disminución de la temperatura puede hacer aumentar la cantidad de hielo en los polos, lo cual haría aumentar el albedo de la Tierra y disminuir todavía más la temperatura. Por otro lado, un descenso de la temperatura puede provocar una disminución de la cantidad de nubes, lo cual haría disminuir el albedo medio de la Tierra y aumentar la temperatura —tal vez lo suficiente como para recuperar la temperatura inicial—. Recientemente se ha afirmado que la biología del planeta Tierra hace la función de un termostato que impide desviaciones excesivas de la temperatura, que podrían acarrear consecuencias biológicas globales muy desafortunadas. Por ejemplo, un descenso de la temperatura podría provocar un incremento de especies de plantas resistentes que cubriesen mucho terreno, haciendo disminuir así el albedo.

Conviene mencionar aquí tres de las teorías de los cambios climáticos más elaboradas e interesantes. La primera se basa en cambios de las variables de la mecánica celeste: la forma de la órbita de la Tierra, la inclinación de su eje de rotación y la precesión del eje varían a lo largo de grandes períodos de tiempo, debido a la interacción de la Tierra con otros objetos celestes próximos. Los cálculos detallados de la magnitud de tales variaciones indican que pueden explicar por lo menos una variación de temperatura de varios grados y, teniendo en cuenta la posibilidad de retroalimentaciones positivas, este hecho, por sí solo, puede llegar a explicar variaciones climáticas mayores.

Un segundo tipo de teorías se basa en las variaciones del albedo. Una de las causas más sorprendentes de tales variaciones es la inyección en la atmósfera terrestre de cantidades masivas de polvo, procedente, por ejemplo, de una explosión volcánica como la del Krakatoa en 1883. Se produjo bastante controversia en torno a si ese polvo calienta o enfría la Tierra, pero la mayoría de los cálculos actuales indican que las pequeñas partículas, al caer muy lentamente desde la estratosfera terrestre, aumentan el albedo de la Tierra y, por tanto, la enfrían. Unos estudios recientes de sedimentos indican que las épocas pretéritas de intensa producción de partículas volcánicas coinciden en el tiempo con épocas de glaciación y de bajas

temperaturas. Además, los episodios de formación de montañas y de creación de superficies de terreno en la Tierra hacen crecer el albedo global, dado que la tierra es más brillante que el agua.

Por último existe la posibilidad de variaciones del brillo del Sol. Gracias a las teorías de la evolución solar sabemos que a lo largo de miles de millones de años el Sol ha ido aumentando continuamente su brillo. Este hecho plantea inmediatamente un problema a la climatología más antigua de la Tierra, ya que el Sol debe haber sido un 30 o un 40 por ciento menos brillante hace tres o cuatro mil millones de años; eso basta, aun contando con el efecto invernadero, para haber alcanzado temperaturas globales muy por debajo del punto de congelación del agua de mar. Y sin embargo existe una gran cantidad de indicios geológicos —por ejemplo, huellas de rizos submarinos, «lavas en almohadilla» *(pillow lavas)*, producidas por el brusco enfriamiento del magma al sumergirse en el mar, y estromatolitos fósiles producidos por algas marinas— que ponen de manifiesto la presencia de grandes cantidades de agua en aquella época. Para salir de ese apuro, se ha propuesto la posibilidad de que en la atmósfera primera de la Tierra existiesen otros gases de invernadero —especialmente amoníaco— que produjeron el aumento de temperatura necesario. Pero además de esa evolución lentísima del brillo solar, ¿es posible que ocurran variaciones de período corto? Se trata de un problema importante y no resuelto, pero las recientes dificultades para encontrar neutrinos —que, según las teorías de que disponemos, son emitidos desde el interior del Sol— han llevado a la consideración de que el Sol se encuentra actualmente en un período anormal de poco brillo.

La incapacidad por distinguir entre los diversos modelos alternativos de cambios climáticos puede parecer simplemente un problema intelectual especialmente molesto —excepto por el hecho de que cada uno tiene sus consecuencias prácticas e inmediatas de los cambios climáticos—. Algunos datos sobre la tendencia de la temperatura global parecen indicar un aumento muy lento desde el inicio de la revolución industrial hasta 1940 y una alarmante caída de la temperatura global desde entonces. Se ha atribuido ese comportamiento a la combustión de los productos energéticos fósiles, que conlleva dos consecuencias: la liberación de dióxido de carbono, un gas de invernadero, en la atmósfera y, simultáneamente, la inyección en la atmósfera de partículas pequeñas procedentes de la combustión incompleta de los productos. El dióxido de carbono calienta la Tierra; las partículas pequeñas, a través de su pequeño albedo, la enfrían. Podría ser que hasta 1940 estuviese ganando el efecto invernadero y que a partir de entonces lo haga el elevado albedo.

La siniestra posibilidad de que la actividad humana pueda provocar modificaciones climáticas sin quererlo hace aumentar considerablemente el interés por la climatología planetaria. En un planeta con temperaturas en descenso se plantean varias posibilidades de retroalimentación positiva muy preocupantes. Por

ejemplo, una combustión creciente de productos energéticos fósiles en un intento de calentarnos a corto plazo puede provocar un enfriamiento rápido duradero. Vivimos en un planeta en el que la tecnología agrícola es responsable de la alimentación de más de mil millones de personas. Las cosechas no han sido producidas para resistir variaciones climáticas. Los seres humanos ya no pueden efectuar grandes migraciones ante un cambio climático o, por lo menos, resulta muy difícil en un planeta controlado por naciones-estado. Empieza a resultar urgente comprender las causas de las variaciones climáticas y desarrollar la posibilidad de llevar a cabo una reconstrucción climática de la Tierra.

Sorprendentemente, algunos de los descubrimientos más interesantes sobre la naturaleza de esos cambios climáticos son el resultado de trabajos, no acerca de la Tierra, sino acerca de Marte. El *Mariner 9* entró en órbita marciana el 14 de noviembre de 1971. Tuvo una vida científica útil de un año terrestre completo y proporcionó 7200 fotografías de toda la superficie de polo a polo, así como decenas de miles de espectros y demás información científica. Como vimos anteriormente, cuando el *Mariner 9* llegó a Marte, prácticamente no podía verse ningún detalle de la superficie del planeta, ya que éste estaba siendo azotado por una gran tormenta global de polvo. Enseguida se comprobó que las temperaturas atmosféricas aumentaban, si bien las temperaturas superficiales disminuían durante la tormenta de arena; esa sencilla constatación proporciona inmediatamente por lo menos un caso claro de enfriamiento de un planeta por la inyección masiva de polvo en su atmósfera. Se han realizado cálculos utilizando las mismas leyes físicas, tanto para la Tierra como para Marte, en los que ambos casos son considerados como ejemplos distintos del problema general de los efectos sobre el clima de una inyección masiva de polvo en una atmósfera planetaria.

El *Mariner 9* hizo otro descubrimiento climatológico totalmente inesperado: un gran número de canales sinuosos repletos de afluentes, en la región ecuatorial y a latitudes medias de Marte. En todos los casos en los que existen datos al respecto, los canales van en la dirección adecuada, pendiente abajo. En algunos de ellos se observan figuras onduladas, bancos de arena, hundimientos de las orillas, «islas» interiores en forma de gota en el sentido de la corriente y otros signos morfológicos que caracterizan los valles fluviales terrestres.

Pero se presenta un gran problema, si se interpretan los canales marcianos como lechos de ríos secos: en apariencia, el agua líquida no existe actualmente en Marte. Simplemente las presiones son demasiado bajas. En la Tierra el dióxido de carbono existe en forma sólida y gaseosa, pero nunca en forma líquida (excepto en los tanques de almacenamiento a presión elevada). De la misma manera, en Marte el agua puede existir en forma sólida (hielo o nieve) o en forma de vapor, pero no como líquido. Por esa razón algunos geólogos se muestran reacios a aceptar la teoría de que los canales

contuviesen antaño agua líquida. Y sin embargo tocan a muerto para los ríos terrestres; por lo menos muchos de ellos tienen formas que no concuerdan con otras posibles estructuras como son los tubos de lava colapsados, que pueden ser los causantes de los valles sinuosos de la Luna.

Es más, existe una concentración aparente de canales hacia el ecuador marciano. El hecho sorprendente de las zonas ecuatoriales de Marte es que son los únicos lugares del planeta en los que la temperatura media durante el período de insolación supera el punto de congelación del agua. No existe ningún otro líquido que sea al mismo tiempo tan abundante en el cosmos, de baja viscosidad y con un punto de congelación por debajo de las temperaturas ecuatoriales de Marte.

Entonces, si por los canales marcianos ha fluido agua, ese agua debe haber existido en una época en la que el medio ambiente de Marte era sustancialmente distinto de lo que lo es en la actualidad. Marte posee hoy una atmósfera delgada, temperaturas bajas y no dispone de agua. En algún tiempo del pasado, puede haber tenido presiones más elevadas, posiblemente también temperaturas algo mayores y mucha agua corriente. Esas condiciones parecen más adecuadas para la existencia de formas de vida basadas en los principios bioquímicos que rigen en la Tierra que las condiciones del medio ambiente marciano actual.

Un estudio detallado de las posibles causas de ese tipo de grandes cambios climáticos en Marte ha hecho fijar la atención en un mecanismo de retroalimentación llamado inestabilidad advectiva. La atmósfera de Marte está compuesta fundamentalmente por dióxido de carbono. Parecen existir grandes almacenes de reposición del CO_2 helado, por lo menos en uno de los dos casquetes polares. La presión del CO_2 en la atmósfera marciana es muy parecida a la presión que debe tener el CO_2 en equilibrio con el dióxido de carbono helado, a la temperatura del polo marciano frío. Esa situación se parece mucho a la presión en un sistema de vacío en el laboratorio determinada por la temperatura de un «dedo helado» en el sistema. En la actualidad, la atmósfera marciana es tan delgada que el aire caliente que sube desde el ecuador y se estabiliza en los polos desempeña un papel casi despreciable en la tarea de calentar las latitudes altas. Pero imaginemos que la temperatura de las regiones polares aumentase ligeramente. La presión atmosférica total también aumenta, la eficacia del transporte de calor por advección desde el ecuador al polo aumenta a su vez, las temperaturas polares aumentan todavía más y se presenta la posibilidad de adentrarse en las altas temperaturas. De igual manera, una disminución de la temperatura, por la causa que sea, puede desencadenar una fuga hacia las bajas temperaturas. La física de esta situación marciana es más fácil de manejar que en el caso comparable de la Tierra, por la sencilla razón de que los componentes principales de la atmósfera, el oxígeno y el nitrógeno, no pueden condensarse en los polos.

Para que se produzca un incremento significativo de la presión en Marte, la cantidad de calor absorbido por las regiones polares del planeta debe aumentar de un 15 a un 20 por ciento durante un período de un siglo por lo menos. Se han identificado tres causas posibles de variación del calentamiento del casquete y resultan ser muy parecidas a los tres modelos de variación climática terrestre mencionados más arriba, lo cual no deja de ser muy interesante. La primera causa tiene que ver con la inclinación del eje de rotación de Marte con respecto al Sol. Estas variaciones son mucho más espectaculares que en el caso de la Tierra, ya que Marte se encuentra cerca de Júpiter, el planeta más masivo del sistema solar, y las perturbaciones gravitacionales provocadas por Júpiter son más pronunciadas. En este caso, las variaciones de la presión y la temperatura global se producirán a escalas de tiempo comprendidas entre cien mil años y un millón.

En segundo lugar, una variación del albedo de las regiones polares puede provocar también grandes cambios climáticos. Ya se pueden observar en Marte importantes tormentas de arena y polvo, debido a que los casquetes polares se abrillantan y se oscurecen con las estaciones. Se ha sugerido que el clima de Marte podría hacerse más hospitalario si pudiese desarrollarse una especie resistente de planta polar que hiciese disminuir el albedo de las regiones polares marcianas.

Por último, existe también la posibilidad de ciertas variaciones de la luminosidad del Sol. Algunos de los canales marcianos tienen en su interior cráteres de impacto ocasionales; la determinación de la edad de los canales a través de la frecuencia de impactos de materiales procedentes del espacio interplanetario demuestra que algunos de esos cráteres deben tener algo así como mil millones de años de edad. La situación recuerda la última época de temperaturas globales elevadas en el planeta Tierra y sugiere la cautivadora posibilidad de grandes variaciones climáticas simultáneas en la Tierra y en Marte.

Las misiones *Viking* han hecho mejorar nuestros conocimientos acerca de los canales marcianos en un sentido amplio, han proporcionado indicios bastante independientes acerca de una densa atmósfera primigenia y han puesto de manifiesto la existencia de un gran almacén de reposición de dióxido de carbono helado en el hielo polar. Cuando sean totalmente asimilados los resultados de los *Viking*, éstos ampliarán nuestro conocimiento del entorno actual, así como de la historia pretérita del planeta y de la comparación entre los climas de la Tierra y Marte.

Cuando los científicos se encuentran ante problemas teóricos de extraordinaria dificultad, siempre queda el recurso de la experimentación. Sin embargo, en lo relativo a estudios sobre el clima de todo un planeta, los experimentos resultan caros y difíciles de realizar y, además, tienen potenciales y delicadas repercusiones sociales. Por la mayor de las fortunas, la naturaleza ha venido a ayudarnos, proporcionándonos planetas cercanos con climas sustancialmente distintos y

variables físicas sustancialmente distintas. Tal vez la prueba más difícil que deban superar las teorías de la climatología es la de ser capaces de explicar los climas de todos los planetas más próximos, la Tierra, Marte y Venus. Todo lo que aprendamos estudiando un planeta será inevitablemente de gran utilidad en el estudio de los demás. La climatología planetaria comparada está resultando ser una disciplina, todavía en período de gestación, que representa un enorme interés intelectual y permite grandes aplicaciones prácticas.

CAPÍTULO 15

CALÍOPE Y LA CAABA

Podemos imaginarles
unidas
cara a cara,
esas rocas flotantes
de ceniza cósmica,
mil veces a flote
entre Júpiter y Marte.
Frigga,
Fanny,
Adelaida
Lacrimosa,
Nombres que evocar,
montes negros de Dakota,
una opereta
representada sobre un arrecife.
Y podrán haber enjambrado,
desmenuzadas como el queso azul,
ese momento final
en que el sistema solar
ventoseó.
Pero ahora
vagan pesadamente
separados
de cada uno
de los vecinos
agujeros de luz.
por millones
y millones de
herméticas millas.
Y sólo desde los más lejanos
pastan
como un rebaño
en una tundra muerta.

DIANE ACKERMAN,
The Planets (Morrow, Nueva York, 1976)

UNA DE LAS SIETE MARAVILLAS del mundo antiguo era el Templo de Diana en Éfeso (Asia Menor), un exquisito ejemplo de arquitectura monumental griega. El *sancta santorum* de ese templo era una gran roca negra, probablemente metálica, que había caído desde los cielos, un signo de los dioses, tal vez una punta de flecha disparada desde la luna creciente, el símbolo de Diana Cazadora.

Pocos siglos después —es posible que incluso en la misma época— vino del cielo, según las creencias de muchos, otra gran piedra negra y cayó en la Península de

Arabia. En aquellos tiempos preislámicos, se colocó esa roca en un templo de la Meca, La Caaba, y se inició algo parecido a un culto. Más tarde, en los siglos VII y VIII, se produjo el sorprendente éxito del Islam, fundado por Mahoma, quien vivió la mayoría de sus días cerca de esa gran piedra oscura, la presencia de la cual podría haber influido en la elección de su carrera. El culto original de la piedra fue incorporado al Islam y, en la actualidad, uno de los centros principales de atracción en cada peregrinación a la Meca lo constituye la propia piedra, también llamada La Caaba, tomando el nombre del templo que la guarda como reliquia. (Todas las religiones han copiado sin reparos de sus predecesores; p. ej., en el festival cristiano de Pascua, los antiguos ritos de fertilidad del equinoccio de primavera han quedado hábilmente disfrazados por los huevos y los animales recién nacidos. Incluso la propia palabra *Easter* —Pascua— procede, según ciertas etimologías, del nombre de la gran diosa madre de la tierra del Medio Oriente, Astarté. La Diana de Éfeso es una versión helenizada posterior de Astarté y Cibeles).

En los tiempos más remotos, una gran piedra que atravesaba un cielo azul claro debía ser una experiencia imborrable para todos aquellos que pudiesen verla. Pero tenía una importancia mayor: en los inicios de la metalurgia, el hierro procedente de los cielos era, para muchos lugares del mundo, la forma más pura en que podía disponerse de ese metal. La trascendencia militar de las espadas de hierro y la importancia para la agricultura de los arados de hierro hicieron que los hombres prácticos se interesasen por el metal procedente del cielo.

Las rocas siguen cayendo de los cielos; algunos agricultores han visto cómo se rompían sus arados al chocar con alguna medio enterrada; los museos siguen pagando grandes cantidades por ellas; y, muy de vez en cuando, alguna se precipita sobre el tejado de una casa, esquiva por poco a una familia que se recrea en el ritual hipnótico vespertino ante el aparato de televisión. Esos objetos se llaman meteoritos. Pero con sólo decir el nombre no basta para comprenderlos. De hecho, ¿de dónde vienen los meteoritos?

Entre las órbitas de Marte y Júpiter existen miles de pequeños mundos en revoltijo, de formas irregulares, llamados asteroides o planetoides. «Asteroide» no es un nombre adecuado para esos mundos, pues no se parecen a las estrellas. «Planetoide», en cambio, se ajusta mucho más, pues *son* como planetas, sólo que menores; sin embargo, el término «asteroide» es, con mucho, el más utilizado. El primer asteroide encontrado fue descubierto[12] con un telescopio el 1 de enero de 1801 —un hallazgo repleto de buenos augurios, el primer día del siglo XIX— por un monje italiano llamado G. Piazzi. Ceres tiene unos 1000 kilómetros de diámetro y, es el mayor de todos los asteroides. (A modo de comparación, el diámetro de la Luna es de 3464 kilómetros). Desde entonces se han descubierto más de dos mil asteroides. A todos ellos se les asigna el número de orden de su descubrimiento. Pero, siguiendo el

ejemplo de Piazzi, se ha hecho también el esfuerzo de asignarles un nombre —un nombre femenino, preferentemente sacado de la mitología griega. Sin embargo, dos mil nombres de asteroides son muchos y hacia el final de la lista los nombres empiezan a ser desiguales: 1 Ceres, 2 Palas, 3 Juno, 4 Vesta, 16 Psyché, 22 Calíope, 34 Circe, 55 Pandora, 80 Safo, 232 Rusia, 324 Bamberga, 433 Eros, 710 Gertrud, 739 Mandeville, 747 Winchester, 904 Rockefelleria, 916 América, 1121 Natasha, 1224 Fantasía, 1279 Uganda, 1556 Icaro, 1620 Geographos, 1685 Toro y 1694 Ekard (Drake —Universidad de—, escrito a la inversa). Desgraciadamente, 1984 Orwell es una oportunidad perdida.

Muchos asteroides tienen órbitas muy elípticas o alargadas, en absoluto parecidas a las órbitas casi totalmente circulares de la Tierra o Venus. Algunos asteroides tienen sus respectivos afelios (punto de la órbita más alejado del Sol) más allá de la órbita de Saturno; algunos tienen sus respectivos perihelios (punto de la órbita más cercano al Sol) cerca de la órbita de Mercurio; algunos, como ocurre con 1685 Toro, circulan entre las órbitas de la Tierra y Venus. Dado que existen tantos asteroides en órbitas muy elípticas, las colisiones resultan inevitables en un período tan largo como la vida del sistema solar. La mayoría de las colisiones se producirán cuando un asteroide alcance a otro, dándole un empujón y produciendo un choque suave con formación de fragmentos. Como los asteroides son tan pequeños, su gravedad es mínima y los fragmentos de la cohesión se desparramarán por el espacio en órbitas distintas a las de los asteroides de procedencia. Se ha calculado que en algunas ocasiones, esas colisiones generan fragmentos que por casualidad interceptan la Tierra, penetran en su atmósfera, resistiendo la ablación de la entrada, y aterrizan a los pies de algún terrestre justificadamente atónito.

Los pocos meteoritos cuya trayectoria ha podido seguirse una vez penetrados en la atmósfera terrestre se originaron en el cinturón principal de asteroides, entre Marte y Júpiter. Los estudios realizados en laboratorio sobre las propiedades físicas de algunos meteoritos demuestran que se han formado a temperaturas concordantes con las del cinturón principal de asteroides. El resultado es muy claro: los meteoritos que se exhiben en nuestros museos son fragmentos de asteroides. ¡En nuestras estanterías disponemos de trozos de objetos cósmicos!

Pero, ¿qué tipo de meteoritos procedentes de qué asteroides? Hasta hace pocos años, las respuestas a esa pregunta no estaban al alcance de los científicos planetarios. Sin embargo, recientemente, se ha conseguido realizar la espectrofotometría de algunos asteroides en radiación visible y cuasi infrarroja; examinar la polarización de la luz reflejada por los asteroides a medida que varía la geometría de los asteroides, el Sol y la Tierra; y examinar la emisión infrarroja media de los asteroides. Las observaciones de éstos, así como los estudios comparativos de meteoritos y otros minerales en el laboratorio, han proporcionado las primeras indicaciones fascinantes

sobre la correlación entre asteroides específicos y meteoritos específicos. Más del 90 por ciento de los asteroides estudiados se clasifican, en dos grupos según su composición: metálicos y carbonosos. De los meteoritos disponibles en la Tierra, sólo un porcentaje muy bajo son carbonosos, pero estos meteoritos son fácilmente desmenuzables, pulverizándose rápidamente en las condiciones terrestres normales. Posiblemente también se fragmenten más fácilmente en su entrada en la atmósfera terrestre. Como los meteoritos metálicos son mucho más duros, su representación en las colecciones de los museos es desproporcionadamente elevada. Los meteoritos carbonosos tienen muchos compuestos orgánicos, incluso aminoácidos (los componentes básicos de las proteínas), y pueden considerarse representativos de los materiales a partir de los cuales se formó el sistema solar hace unos 4600 millones de años.

Entre los asteroides que resultan ser carbonosos destacan 1 Ceres, 2 Palas, 19 Fortuna, 324 Bamberga y 654 Zelinda. Si los asteroides que son carbonosos en su superficie, lo son también en su interior, entonces la mayoría de la materia asteroidal es carbonosa. En general, se trata de objetos oscuros, que reflejan una pequeñísima parte de la luz que reciben. Estudios recientes sugieren que Fobos y Deimos, las dos lunas de Marte, posiblemente sean también carbonosas y que se trate de asteroides carbonosos capturados por la gravedad marciana.

Entre los asteroides que presentan las propiedades de los meteoritos metálicos se encuentran 3 Juno, 8 Flora, 12 Victoria, 89 Julia y 433 Eros. Algunos asteroides conforman alguna otra categoría: 4 Vesta se parece a un meteorito llamado condrito basáltico, mientras que 16 Psyché y 22 Calíope parecen contener básicamente hierro.

Los asteroides de hierro son de gran interés, pues los geofísicos creen que el cuerpo madre de un objeto muy rico en hierro debe haberse derretido hasta poder diferenciar, separar el hierro de los silicatos en la caótica mezcla inicial de elementos en los tiempos primigenios. Por otro lado, para que las moléculas orgánicas de los meteoritos carbonosos hayan logrado sobrevivir, las temperaturas no deben haberse elevado nunca lo suficiente como para fundir la roca o el hierro. Así pues, los distintos asteroides tienen historias distintas.

Comparando las propiedades de los asteroides y los meteoritos, estudiando en el laboratorio los meteoritos y simulando en computadoras los movimientos de los asteroides en el pasado, podrá lograrse algún día reconstruir las historias de los asteroides. Hoy por hoy, todavía no sabemos si representan un planeta que no pudo formarse a causa de las poderosas perturbaciones gravitatorias del cercano planeta Júpiter o si son los restos de un planeta totalmente formado que hubiese explotado por alguna razón. La mayoría de los estudiosos se inclinan por la primera hipótesis, básicamente porque nadie puede concebir cómo se hace explotar un planeta. Es posible que se consiga juntar todas las piezas de la historia.

También pueden existir meteoritos no procedentes de asteroides. Tal vez sean fragmentos de cometas jóvenes, o de las lunas de Marte, o de la superficie de Mercurio, o de los satélites de Júpiter, que hoy están repletos de polvo e ignorados en algún museo oscuro. Lo que sí queda claro es que está empezando a emerger la verdadera imagen del origen de los meteoritos.

El *sancta sanctorum* del Templo de Diana en Éfeso fue destruido. Pero La Caaba fue cuidadosamente conservada, aunque no parece haberse realizado ningún examen verdaderamente científico de dicha piedra. Algunos creen que es un meteorito rocoso, oscuro y no metálico. Dos geólogos han sugerido recientemente, aun conscientes de disponer de pocas pruebas, que se trata de un pedazo de ágata. Algunos escritores musulmanes creen que, en un principio, el color de La Caaba era blanco, y no negro y que el color actual se debe al manoseo continuo. El punto de vista oficial del Guardián de la Piedra Negra es que fue colocada en su posición actual por el patriarca Abraham y que cayó de un cielo religioso y no astronómico —de forma que una posible prueba física del objeto no podría ser una prueba de la doctrina islámica. Ello no obsta para que fuese muy interesante poder examinar, con todo el arsenal de las modernas técnicas de laboratorio, un pequeño fragmento de La Caaba. Se podría determinar su composición con precisión. Si es un meteorito, se podría establecer su edad de exposición a los rayos cósmicos —el tiempo transcurrido entre la fragmentación y la llegada a la Tierra. También podrían comprobarse las hipótesis de su origen, como, por ejemplo, la idea de que hace unos 5 millones de años, en la época del origen de los homínidos, la Caaba se desprendió de un asteroide llamado 22 Calíope, giró en órbita alrededor del Sol durante los tiempos geológicos y chocó por accidente contra la Península Arábiga hace 2500 años.

CAPÍTULO 16

LA EDAD DE ORO DE LA EXPLORACIÓN PLANETARIA

La inquieta república del laberinto de los planetas,
en lucha feroz hacia el desierto libre del cielo.

PERCY B. SHELLEY,
Prometeo desencadenado (1820)

UNA GRAN PARTE de la historia de la humanidad puede describirse, en mi opinión, en términos de una liberación gradual, y a veces dolorosa, del localismo, la conciencia naciente de que en el mundo hay más de lo que creían por término medio nuestros antepasados. Haciendo gala de un tremendo etnocentrismo, las tribus de toda la Tierra se han autodenominado «la gente» o «todos los hombres», relegando a otros grupos de seres humanos de manifestaciones parecidas al status de sub-humanos. La floreciente civilización de la antigua Grecia dividía la comunidad humana en Helenos y Bárbaros, designando a éstos mediante una imitación poco caritativa de las formas de hablar de los no Griegos («Bar Bar…»). Esa misma civilización clásica, que en muchos aspectos es la precursora de la nuestra, daba a su pequeño mar interior el nombre de Mediterráneo, lo cual significa «en medio de la Tierra». Durante milenios China se autodenominó Reino Medio y el significado seguía siendo el mismo: China era el centro del universo y lo bárbaros vivían en la oscuridad exterior.

Estos puntos de vista, o sus equivalentes, están cambiando lentamente y es posible detectar algunas de las raíces del racismo y del nacionalismo en su penetrante aceptación inicial por prácticamente todas las comunidades humanas. Pero vivimos en una época extraordinaria en la que los avances culturales y el relativismo cultural han hecho que ese etnocentrismo sea mucho más difícil de defender. Está saliendo a flote la idea de que todos compartimos un mismo bote salvavidas en un océano cósmico, que la Tierra es en definitiva un lugar pequeño con recursos limitados, que nuestra tecnología ha alcanzado ya un potencial tal que somos capaces de modificar en profundidad el entorno de nuestro diminuto planeta. A esta progresiva superación del localismo de la mente ha contribuido poderosamente, en mi opinión, la exploración espacial —a través de fantásticas fotografías de la Tierra tomadas desde lejos en las que aparece una esfera azul en rotación, repleta de nubes, como un zafiro sobre el infinito terciopelo del espacio—; pero también ha contribuido la exploración de otros mundos, que ha mostrado tanto las diferencias como las semejanzas con este

hogar de la humanidad.

Seguimos hablando «del» mundo, como si no hubiese más, de la misma manera que hablamos «del» Sol y de «la» Luna. Pero hay muchos otros. Cualquier estrella del cielo es un sol. Los anillos de Urano representan millones de satélites, nunca antes sospechados, en órbita alrededor de Urano, el séptimo planeta. Y, como han demostrado de forma tan patente en los últimos quince años los vehículos espaciales, hay otros mundos —cercanos, relativamente accesibles—, profundamente interesantes y no del todo parecidos al nuestro. A medida que esas diferencias, así como el punto de vista darwiniano de que la vida en cualquier otro lugar tendrá que diferir sustancialmente de la vida aquí, vayan siendo asimiladas, creo que proporcionarán una influencia cohesionante y unificadora sobre la gran familia humana que vive, por un tiempo, en este poco atractivo mundo dentro de una inmensidad de mundos.

La exploración planetaria posee muchas virtudes. Nos permite redefinir los conocimientos derivados de algunas ciencias de la tierra como la meteorología, la climatología, la geología y la biología, ampliar sus potencialidades y mejorar sus aplicaciones prácticas sobre la Tierra. También proporciona fábulas admonitorias sobre los destinos alternativos de los mundos. También constituye una puerta abierta a las futuras tecnologías de vanguardia, importantes para la vida aquí, en la Tierra. Proporciona además una válvula de escape a la tradicional aspiración humana de exploración y descubrimiento, nuestra pasión por conocer, que ha sido en gran parte lo que ha permitido nuestro éxito como especie. Y nos permite, por primera vez en la historia, plantearnos con rigor, y con bastante probabilidad de encontrar las respuestas correctas, cuestiones relacionadas con los orígenes y los destinos de los mundos, los inicios y los finales de la vida, y la posibilidad de otros seres que vivan en el espacio —cuestiones tan básicas para la actividad humana como el propio pensamiento y tan naturales como la respiración.

Los vehículos interplanetarios no tripulados de la moderna generación amplían la presencia humana a territorios desconocidos y exóticos, más extraños que cualquier mito o leyenda. Se lanzan con energía suficiente para superar la velocidad de escape cerca de la Tierra y, luego, ajustan sus trayectorias con los motores de los pequeños cohetes, lanzando pequeñas cantidades de gas. Se alimentan de luz solar y de energía nuclear. Algunos sólo tardan unos días en cruzar el lago del espacio entre la Tierra y la Luna; otros pueden tardar un año hasta llegar a Marte, cuatro hasta Saturno o una década para atravesar el mar interior que nos separa del lejano Urano. Flotan tranquilamente en trayectorias precisas, determinadas por la gravitación newtoniana y la tecnología de los cohetes, con sus brillantes destellos metálicos a flor de agua sumergidos en la luz solar que llena los espacios entre los mundos. Cuando alcanzan sus destinos, algunos sobrevuelan el planeta desconocido, para tener una visión

global de él y, en su caso, de su cortejo de lunas, antes de adentrarse en las profundidades del espacio. Otros entran en órbita alrededor de otro mundo, examinándolo con detalle, tal vez durante años, antes de que algún componente básico se agote o se estropee. Algunos vehículos se precipitarán sobre otro mundo, desacelerando gracias a la resistencia atmosférica o a un sistema de paracaídas o por un encendido preciso de retrocohetes antes de posarse suavemente en cualquier otro lugar. Algunos de los vehículos que se posan son estacionarios, es decir, están condenados a examinar un único punto de un mundo que espera ser explorado. Otros son autopropulsados y vagan lentamente hacia un horizonte lejano en el que nadie sabe lo que se encuentra. Otros, en fin, son capaces de arrancar rocas y suelo remoto —una muestra de otro mundo— y regresar a la Tierra.

Todos esos vehículos disponen de sensores que amplían considerablemente el campo de percepción humana. Son instrumentos capaces de determinar desde la órbita la distribución de la radiactividad sobre otro planeta; capaces de detectar desde la superficie el débil ruido de un alejado y profundo «terremoto en el planeta» *(planetquake)*; capaces de obtener fotografías tridimensionales en color o en infrarrojos de un paisaje como el que nadie ha visto en la Tierra. Esas máquinas son inteligentes, por lo menos hasta cierto punto. Pueden seleccionar sus objetivos sobre la base de la misma información que reciben. Pueden recordar con gran precisión una serie detallada de instrucciones que, al ser escritas en cualquier idioma, ocupan un libro de considerable volumen. Son obedientes y aceptan cambios de instrucciones enviados desde la Tierra a través de mensajes de radio. Y nos han transmitido, básicamente por radio, una cantidad rica y diversificada de información acerca de la naturaleza del sistema solar en el que vivimos. En el caso de nuestro vecino celeste, la Luna, ha habido vuelos de acercamiento, alunizajes violentos, alunizajes suaves, vuelos orbitales, vehículos móviles automáticos y misiones no tripuladas para la recogida de muestras, así como, desde luego, seis heroicas expediciones tripuladas de la serie Apollo coronadas por el éxito. Ha habido un vuelo de acercamiento a Mercurio; vuelos orbitales, sondas de entrada y aterrizajes en Marte; y vuelos de acercamiento a Júpiter y Saturno. Fobos y Deimos, las dos pequeñas lunas de Marte, fueron examinadas de cerca y de algunas de las lunas de Júpiter se han obtenido fotografías asombrosas.

Hemos echado el primer vistazo a las nubes de amoníaco y a los grandes sistemas tormentosos de Júpiter; a la superficie fría y cubierta de sal de su luna Ío; al suelo desolado, repleto de cráteres, antiguo y tórrido de Mercurio; y al paisaje salvaje y espectral de nuestro vecino planetario más próximo, Venus, cuyas nubes están compuestas por una lluvia ácida que cae continuamente aunque nunca alcanza la superficie, ya que ese paisaje montañoso, iluminado por la luz solar que se difunde a través de la perpetua capa de nubes, se encuentra a unos 900° F. Y Marte: ¡qué

rompecabezas, qué felicidad, qué enigma y delicia es Marte! Con sus antiguos lechos de ríos, sus inmensos y elaborados bancales polares, su volcán de casi 80 000 pies de altura, sus furiosas tormentas, sus tardes reparadoras. Y una derrota inicial aparente infligida a nuestro primer esfuerzo por responder a la pregunta principal: si el planeta alberga, o ha albergado, alguna forma de vida desarrollada.

En la Tierra sólo existen dos naciones en la carrera del espacio, sólo dos potencias hasta ahora capaces de enviar vehículos más allá de la atmósfera terrestre: los Estados Unidos y la Unión Soviética. Los Estados Unidos han protagonizado las únicas misiones tripuladas a otro cuerpo celeste, los únicos aterrizajes con éxito sobre Marte y las únicas expediciones a Mercurio, Júpiter y Saturno. La Unión Soviética ha sido pionera en la exploración automatizada de la Luna, incluyendo los únicos vehículos móviles no tripulados y misiones de recogida de muestras en otros objetos celestes, y las primeras sondas de entrada y aterrizaje en Venus. Desde la finalización del programa Apollo, Venus y la Luna se han convertido, hasta cierto punto, en terreno ruso, mientras que el resto del sistema solar sólo es atravesado por vehículos espaciales norteamericanos. Si bien se da un cierto nivel de cooperación científica entre las dos naciones, esa territorialidad planetaria ha llegado a consolidarse más por defecto en base a acuerdos. En los últimos años ha habido una serie de misiones soviéticas a Marte, muy ambiciosas, pero sin éxito, mientras que los Estados Unidos lanzaban una serie modesta, aunque con éxito, de vehículos orbitales alrededor de Marte, así como sondas de entrada en 1978. El sistema solar es muy grande y hay mucho que explorar en él. Incluso el diminuto Marte posee una superficie comparable al área de suelo de la Tierra. Por razones prácticas, resulta mucho más sencillo organizar misiones por separado, aunque coordinadas, emprendidas por dos o más naciones, que aventuras de cooperación multinacional. En los siglos XVI y XVII, Inglaterra, Francia, España, Portugal y Holanda organizaron cada una por su lado misiones a gran escala de descubrimiento y exploración global, en fuerte competencia entre sí. Pero los motivos económicos y religiosos de esa competencia en el campo de la exploración no parecen tener sus contrapartidas en la actualidad. Hay motivos para pensar que la competencia nacional en la exploración de los planetas será pacífica, por lo menos en un futuro previsible.

Los tiempos necesarios para las misiones planetarias son muy largos. El diseño, la fabricación, la comprobación, la integración y el lanzamiento de una misión planetaria típica requieren muchos años. Un programa sistemático de exploración planetaria requiere un compromiso sostenido. Los logros más resonantes de los Estados Unidos en la Luna y los planetas —*Apollo*, *Pioneer*, *Mariner* y *Viking*— se iniciaron en los años 60. Por lo menos hasta hace poco, los Estados Unidos sólo han adquirido, en toda la década de los 70, un compromiso mayor en la exploración

planetaria: las misiones *Voyager*, cuyos lanzamientos se llevaron a cabo en verano de 1977, destinadas al primer examen sistemático de aproximación a Júpiter, Saturno, sus algo así como veinticinco lunas y los espectaculares anillos de éste.

La ausencia de nuevas iniciativas ha provocado una verdadera crisis en la comunidad de científicos e ingenieros norteamericanos responsables del rosario de éxitos tecnológicos y descubrimientos científicos avanzados que dieron comienzo con el vuelo *Mariner 2* de aproximación a Venus en 1962. Se ha producido una interrupción en el progreso de la exploración. Los trabajadores han tenido que dejar sus tareas y dedicarse a otros menesteres; existe un verdadero problema consistente en ofrecer continuidad a la próxima generación de la exploración planetaria. Por ejemplo, la posible respuesta a la histórica y conseguida exploración de Marte por el *Viking* la constituirá una misión que ni siquiera alcanzará el Planeta Rojo antes de 1985 —una laguna en la exploración marciana de casi una década. E incluso no hay la más mínima garantía de que por aquel entonces se lleve a cabo la misión. Esta tendencia —algo así como despedir a la mayoría de los constructores de buques, tejedores de velas y navegantes españoles a principios del siglo XVI— manifiesta signos incipientes de inversión. Recientemente fue aprobado el Proyecto *Galileo,* una misión para mediados de los años 80, consistente en llevar a cabo el primer reconocimiento orbital de Júpiter y dejar caer una primera sonda en su atmósfera, que puede contener moléculas orgánicas sintetizadas de manera análoga a los fenómenos químicos que indujeron el origen de la vida en la Tierra. Pero al año siguiente, el Congreso redujo tanto el presupuesto del Proyecto *Galileo* que en la actualidad éste se encuentra en la cuerda floja.

En los últimos años, el presupuesto global de la NASA ha estado por debajo del uno por ciento del presupuesto federal. Las partidas correspondientes a la exploración planetaria han sido menores que el 15 por ciento de esa cantidad. Las peticiones de la comunidad de las ciencias planetarias en el sentido de solicitar nuevas misiones han sido desoídas repetidamente —como me decía un senador, a pesar de *Star Wars* y *Star Trek*, el público no ha escrito al Congreso dando su apoyo a las misiones planetarias, pero es que además, los científicos no constituyen un grupo de presión poderoso. Y, sin embargo, existe una serie de misiones en perspectiva que combinan una oportunidad científica extraordinaria con un atractivo popular considerable:

Navegación solar y encuentro con un cometa. En las misiones interplanetarias ordinarias, los vehículos espaciales se ven obligados a seguir trayectorias que supongan un gasto mínimo de energía. Los cohetes se accionan durante períodos cortos de tiempo en las proximidades de la Tierra y la nave permanece inerte durante el resto del viaje. Se ha hecho lo más que se ha podido, dado que no estamos en condiciones de desarrollar la enorme capacidad de elevación necesaria, pero sí disponemos de una gran maestría en el manejo de sistemas con gran número de

coordenadas. En definitiva, tenemos que aceptar algunas servidumbres, como son los tiempos de vuelo largos y la poca elección en las fechas de partida y llegada. Pero, al igual que en la Tierra se está considerando pasar de los combustibles fósiles a la energía solar, lo mismo ocurre en el espacio. La luz solar ejerce una fuerza que, aunque pequeña, es patente y se llama presión de radiación. Una estructura del tipo vela, con una gran superficie y poca masa, puede ser propulsada mediante la presión de la radiación. Con una vela cuadrada de media milla de lado, pero extraordinariamente delgada, las misiones interplanetarias pueden resultar más eficaces que con la propulsión convencional mediante cohetes. La vela sería colocada en órbita terrestre utilizando un vehículo lanzadera tripulado, para poder desplegarla y tensarla. Constituiría una imagen preciosa, fácilmente visible a simple vista en forma de un punto brillante. Con unos prismáticos podrían apreciarse ciertos detalles, tal vez incluso lo que en los buques de vela del siglo XVII se llamaba la divisa: un símbolo gráfico adecuado, tal vez un dibujo del planeta Tierra. Junto a la vela estaría el vehículo científico diseñado para la aplicación concreta.

Una de las primeras aplicaciones, y también de las más estimulantes, sobre la que ya se está discutiendo, es una misión de encuentro con un cometa, tal vez un encuentro con el cometa Halley en 1986. Los cometas se encuentran vagando la mayoría del tiempo por el espacio interestelar; están llamados a proporcionar importantes indicios sobre la historia inicial del sistema solar y sobre la naturaleza de la materia entre las estrellas. La navegación solar hacia el cometa Halley no sólo ha de proporcionar fotografías de cerca del interior de un cometa —sobre el que no sabemos prácticamente nada— sino también, sorprendentemente, traer a la Tierra un fragmento de un cometa. Las ventajas prácticas, y la belleza, de la navegación solar resultan evidentes en este ejemplo; pero además, no sólo representa una nueva misión, sino toda una nueva tecnología interplanetaria. Dado que el desarrollo de la tecnología de la navegación solar está más atrasada que la de la propulsión química, es esta última la que se utilizará en las primeras misiones hacia los cometas. Ambos mecanismos de propulsión tendrán su lugar en los viajes interplanetarios del futuro. Pero, en mi opinión, la navegación solar tendrá un mayor impacto. Tal vez a principios del siglo XXI se hagan competiciones de regatas entre la Tierra y Marte.

Vehículos móviles sobre Marte (Rovers). Antes de la misión *Viking*, ningún vehículo espacial terrestre había llegado a posarse sobre Marte. Los soviéticos habían tenido algunos fracasos, incluyendo por lo menos uno que resultó bastante misterioso y previsiblemente atribuible a la peligrosa topografía de la superficie marciana. Posteriormente, tras penosos esfuerzos, tanto el *Viking 1* como el *Viking 2* consiguieron posarse en los lugares más oscuros que pudieron encontrar en la superficie del planeta. Las cámaras estéreo del vehículo espacial mostraron valles alejados y perspectivas inaccesibles. Las cámaras orbitales mostraron un paisaje

extraordinariamente diversificado y geológicamente exuberante, paisaje que no podíamos examinar de cerca con el vehículo *Viking* estacionario, una vez en el suelo. La exploración futura de Marte, tanto geológica como biológica, requerirá vehículos móviles capaces de posarse en los lugares oscuros y seguros, vehículos capaces de desplazarse centenares o miles de kilómetros hasta los lugares interesantes. Un vehículo de esas características tendría que poder desplazarse a su antojo produciendo un flujo continuo de fotografías de nuevos paisajes, nuevos fenómenos y, como es de esperar, grandes sorpresas en Marte. Su importancia podría mejorar todavía si actuase conjuntamente con un vehículo orbital polar que trazase el mapa geoquímico del planeta o con un avión marciano no tripulado que fotografiase la superficie a altitudes muy pequeñas.

Aterrizaje en Titán. Titán es la luna mayor de Saturno y el mayor satélite del sistema solar (ver capítulo 13). Es especialmente notable por poseer una atmósfera más densa que la de Marte y posiblemente se encuentra cubierto por una capa de nubes marrones compuestas por moléculas orgánicas. A diferencia de Júpiter y Saturno, posee una superficie sobre la que puede posarse un vehículo espacial, y su profunda atmósfera no es lo suficientemente caliente como para destruir las moléculas orgánicas. Una sonda de entrada y un aterrizaje sobre Titán posiblemente constituirían uno de los aspectos de una misión orbital de Saturno, que pudiese contar también con una sonda de entrada en ese planeta.

Radar fotográfico en órbita alrededor de Venus. Las misiones soviéticas *Venera* 9 y *Venera* 10 han traído a la Tierra las primeras fotografías de cerca de la superficie de Venus. Debido a la permanente capa de nubes, las características superficiales de Venus no pueden verse a través de los telescopios ópticos situados en la Tierra. Sin embargo, unas estaciones de radar terrestres y el sistema de radar llevado por el pequeño vehículo orbital *Pioneer* han empezado a levantar un mapa de los elementos superficiales de Venus y han puesto de manifiesto la presencia de enormes montañas y cráteres y volcanes, así como una accidentada topografía. El radar fotográfico en órbita alrededor de Venus que se propone podría suministrar fotografías-radar de polo a polo de la superficie venusiana con una precisión mayor que la que se alcanza desde la superficie de la Tierra y permitiría llevar a cabo un reconocimiento previo de la superficie de Venus comparable al realizado en Marte por el *Mariner 9* en 1971-1972.

Sonda solar. El Sol es la estrella más cercana, la única que posiblemente seamos capaces de examinar de cerca, por lo menos durante muchas décadas. Un vuelo de aproximación al Sol resultaría del máximo interés, contribuiría a comprender su influencia sobre la Tierra y proporcionaría, además, pruebas de gran trascendencia sobre la Teoría General de la Relatividad de Einstein. Una misión en la que

intervenga una sonda solar plantea dos tipos de dificultades: la de la energía necesaria para liberarse del movimiento de la Tierra (y de la sonda) alrededor del Sol, de forma que ésta pudiese precipitarse hacia el Sol, y la del calor insoportable a medida que se fuese acercando al Sol. El primer problema puede resolverse lanzando el vehículo espacial hacia Júpiter y utilizando la gravedad de este planeta para dirigirlo hacia el Sol. Al existir muchos asteroides en el interior de la órbita de Júpiter, la misión podría ocuparse también de estudiar esos asteroides. Una manera de abordar el segundo problema, que a primera vista puede parecer enormemente ingenua, consiste en volar hacia el Sol *por la noche*. En la Tierra, la noche es el resultado de la interposición del cuerpo sólido de la Tierra entre el Sol y nosotros. Lo mismo ocurre con la sonda solar. Existen varios asteroides que se acercan bastante al Sol. La sonda solar podría dirigirse hacia el Sol al amparo de la sombra de algún asteroide (al mismo tiempo podría hacer observaciones del asteroide). Cerca del perihelio del planeta, la sonda saldría de la sombra del planeta y se sumergiría, con todo su interior repleto de fluido resistente al calor, lo más profundamente que pudiese en la atmósfera del Sol hasta fundirse y evaporarse —átomos de la Tierra añadidos a nuestra estrella más cercana.

Misiones tripuladas. Una misión tripulada viene a costar de cincuenta a cien veces más que una misión no tripulada de la misma índole. Por eso, para la exploración científica se prefieren las misiones no tripuladas y se utilizan sólo máquinas.

Sin embargo, pueden existir también otras razones distintas a la exploración espacial que sean de tipo social, económico, político, cultural o histórico. Las misiones tripuladas de las que se habla con mayor frecuencia son las que ponen en órbita alrededor de la Tierra estaciones espaciales (tal vez diseñadas para recoger luz solar y transmitirla en haces de microondas hacia una Tierra necesitada de energía) y la de una base lunar permanente. También están discutiéndose las grandes líneas de la construcción de ciudades espaciales permanentes en órbita terrestre, construidas con materiales procedentes de la Luna o los asteroides. El coste del transporte de esos materiales desde mundos de gravedad reducida, como la Luna o un asteroide, hasta la órbita de la Tierra es mucho menor que el correspondiente desde nuestro planeta de gravedad elevada. Estas ciudades espaciales podrían llegar a ser autorreproductoras —las nuevas serían construidas por las antiguas. Los costos de estas grandes estaciones tripuladas no han sido evaluados todavía con precisión, pero parece probable que el conjunto de ellas —así como una misión tripulada a Marte— alcance una cifra comprendida entre los 100 000 millones y los 200 000 millones de dólares. Tal vez algún día se lleven a la práctica estas ideas; en ellas hay muchos elementos de largo alcance e históricamente significativos. Pero todos los que hemos estado luchando durante años por organizar aventuras espaciales que costasen menos del uno por ciento de esas cantidades seremos perdonados por habernos planteado si los

fondos necesarios serían efectivamente proporcionados y si esos gastos responden a un interés social.

Sin embargo, por mucho menos dinero podría ponerse en marcha una importante expedición preparatoria de esas misiones tripuladas: una expedición a un asteroide carbonoso próximo a la Tierra. Los asteroides se encuentran principalmente entre las órbitas de Marte y Júpiter. Una fracción muy pequeña de ellos posee trayectorias que alcanzan la órbita de la Tierra y, en ocasiones, se acercan hasta unos cuantos millones de kilómetros de nuestro planeta. Muchos asteroides son básicamente carbonosos —con gran cantidad de material orgánico y agua. Se cree que la materia orgánica se condensó en los primeros estadios de la formación del sistema solar, a partir de gas y polvo interestelares, hace unos 4600 millones de años; su estudio y comparación con las muestras de cometas presenta un interés científico de excepcional importancia. No creo que los materiales procedentes de un asteroide carbonoso puedan criticarse de la misma manera que lo fueron las muestras recogidas en la Luna por el Apollo por ser tan «sólo» rocas. Es más, un aterrizaje tripulado sobre un objeto tal constituiría una excelente preparación para una posible explotación de los recursos del espacio. Y, por último, el aterrizaje en un objeto de esas características resultaría divertido: el campo de gravedad es tan reducido que un astronauta no tendría dificultad en dar saltos de diez kilómetros. Los objetos que atraviesan las zonas de influencia de la Tierra van descubriéndose a gran ritmo y se llaman objetos Apolo, nombre que fue seleccionado mucho antes que el famoso vuelo tripulado. Podrán o no ser los restos muertos de cometas, pero independientemente de su origen, son objetos de enorme interés. Algunos de ellos son los objetos a los que más fácilmente podríamos acostumbrarnos los humanos, utilizando únicamente una tecnología «de lanzadera» de la que podremos disponer dentro de unos años.

Las misiones que se han descrito más arriba puede afrontarlas nuestra tecnología actual y requieren un presupuesto de la NASA no excesivamente superior al actual. En ellas se combina el interés científico con el interés público, que, en muchas ocasiones, comparten objetivos. Caso de realizarse ese programa, dispondríamos de un reconocimiento previo de todos los planetas y de la mayoría de las lunas desde Mercurio a Urano, de un muestreo representativo de asteroides y cometas y de un conocimiento de los límites y contenidos de nuestra piscina local en el espacio. Como nos recuerda el descubrimiento de anillos alrededor de Urano, hay muchos descubrimientos, importantes e insospechados, que están a la espera. Un programa de esas características sentaría las primeras bases para la utilización del sistema solar por nuestra especie, permitiría extraer los recursos de otros mundos, adecuar éstos como morada de seres humanos y reordenar los entornos de otros planetas para que en ellos pudiese vivir nuestra especie con un mínimo de inconvenientes. Los seres humanos

pueden convertirse en una especie multiplanetaria.

Resulta evidente el carácter de transición de estas décadas. A menos de que nos autodestruyamos, la humanidad dejará de verse restringida a un mundo único. De hecho, la existencia de ciudades espaciales y la presencia de colonias humanas en otros mundos dificultará la autodestrucción de la especie humana. Es claro que hemos entrado, casi sin darnos cuenta, en una edad de oro de la exploración planetaria. Como ocurre en muchos casos de la historia humana, al ampliarse la perspectiva a través de la exploración, en este caso espacial, se amplían también las perspectivas artísticas y culturales. No creo que muchas personas del siglo XV se diesen nunca cuenta de estar viviendo en el Renacimiento italiano. Pero la buena predisposición, la alegría, la aparición de nuevas formas de pensamiento, los avances tecnológicos, los bienes de ultramar y la superación del localismo que se dieron en aquella época resultaban evidentes para los pensadores de entonces. Disponemos de la capacidad y de los medios, y —así lo espero ardientemente— del deseo de plantearnos hoy un esfuerzo parecido. Por primera vez en la historia de la humanidad, cae dentro de las posibilidades de esta generación el extender la presencia humana a otros mundos del sistema solar —con temor por sus maravillas y avidez por lo que tienen que enseñarnos.

CUARTA PARTE

EL FUTURO

CAPÍTULO 17

«¿PUEDES ANDAR MÁS DEPRISA?»

—¿Puedes andar más deprisa? —le dijo una pescadilla a un caracol—. Llevamos una marsopa detrás de nosotros, y me está mordiendo la cola.

LEWIS CARROLL, *Alicia en el País de las Maravillas*

DURANTE LA MAYORÍA de la historia humana hemos podido desplazarnos a la velocidad que nos lo permitían nuestras piernas —en una jornada larga, tan sólo unas millas por hora. Se emprendieron grandes viajes, pero muy despacio. Por ejemplo, hace 20 000 ó 30 000 años, seres humanos cruzaron el Estrecho de Bering y penetraron por primera vez en las Américas, avanzando penosamente hacia el Sur, hasta Tierra de Fuego, donde les encontró Charles Darwin en su memorable viaje del *Beagle*. El esfuerzo concentrado y unilateral de unas gentes dedicadas a andar desde los estrechos entre Asia y Alaska hasta Tierra de Fuego puede haber durado años y años; de hecho, la difusión de la población humana tan hacia el Sur debe hacer sido cuestión de miles de años.

La motivación original de un desplazamiento tan largo debe haber sido, como nos recuerda la queja de la pescadilla, la de escapar de enemigos y depredadores o la de buscar enemigos y depredar. Hace unos miles de años se hizo un descubrimiento importante: el caballo podía ser domesticado y montado. La idea es muy peculiar, pues el caballo no ha evolucionado para ser montado por los seres humanos. Mirándolo objetivamente, la idea resulta sólo un poco menos necia que la de un pulpo cabalgando un mero. Pero funcionó y —especialmente después del invento de la rueda y del carro— los vehículos a lomo del caballo o tirados por él fueron durante miles de años la tecnología de transporte más avanzada de que dispuso la especie humana. Se puede viajar a unas 10 o incluso 20 millas por hora con «tecnología caballar».

Sólo hace poco que hemos superado esa tecnología concreta como pone claramente de manifiesto, por ejemplo, la utilización del término «caballo de vapor» para medir la potencia de los motores. Un motor de 375 caballos de vapor posee aproximadamente la misma capacidad de empuje que 375 caballos. Un grupo de 375 caballos resultaría una imagen preciosa. Dispuestos en filas de a cinco, el grupo tendría una longitud de dos décimas de milla y sería tremendamente difícil de manejar. En muchas carreteras la primera fila quedaría fuera del alcance visual del conductor. Y, evidentemente, 375 caballos no van 375 veces más deprisa que un solo

caballo. Incluso con equipos de muchos caballos la velocidad de transporte no pasaba de ser 10 ó 20 veces superior de la que se alcanzaba sólo utilizando las piernas.

Pero los cambios experimentados a lo largo del último siglo, en materia de tecnología del transporte, son sorprendentes. Hemos dependido de las piernas durante millones de años; de los caballos por miles de años; del motor de combustión interna durante menos de cien; y de los cohetes algunas décadas. Pero esos productos del genio inventor del hombre nos han permitido desplazarnos sobre la tierra y sobre la superficie de las aguas varios centenares de veces más deprisa de lo que podíamos conseguir andando, en el aire unas mil veces más deprisa y en el espacio más de diez mil veces más deprisa.

Sucedía antaño que la velocidad de comunicación era la misma que la velocidad de transporte. En la primera época de nuestra historia se dieron algunos métodos de comunicación rápida —por ejemplo, mediante señales con banderas o señales de humo e incluso uno o dos intentos de utilizar torres de señalización con espejos que reflejan luz solar o lunar. Las noticias documentadas de que disponemos sobre el asalto efectuado por los soldados húngaros a la Fortaleza de Györ en poder de los turcos parece que fue dirigido por el Emperador Rodolfo II de Habsburgo, a través de un mecanismo, el «telégrafo de luz lunar», inventado por el astrólogo inglés John Dee; el invento parecía consistir en diez estaciones de repetición separadas entre sí cuarenta kilómetros entre Györ y Praga. Pero, con algunas excepciones, estos métodos demostraron ser inviables y las comunicaciones no alcanzaron velocidades superiores a las del hombre o el caballo. Ya no es cierto eso. La comunicación por teléfono y radio se realiza a la velocidad de la luz —300 000 kilómetros por segundo, más de mil millones de kilómetros por hora. Y no se trata tampoco del último adelanto. Por lo que sabemos, a partir de la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein, el universo está construido de tal forma (por lo menos en nuestros alrededores) que ningún objeto ni ninguna información pueden desplazarse a mayor velocidad que la de la luz. No se trata de una barrera de la ingeniería, como la llamada barrera del sonido, sino de un límite cósmico de velocidades, consustancial con la propia naturaleza. De todas formas, mil millones de kilómetros por hora bastan en la mayoría de los casos.

Lo que resulta sorprendente es que en el dominio de la tecnología de la comunicación, ya hemos alcanzado ese límite y nos hemos adaptado muy bien a él. Hay muy poca gente que tras una llamada telefónica de larga distancia se quede boquiabierta y sorprendida por la velocidad de la transmisión. Ya hemos asimilado esos medios de comunicación casi instantáneos. Sin embargo, en la tecnología del transporte, aun no habiendo alcanzado velocidades en absoluto cercanas a la de la luz, topamos con otros límites, de tipo fisiológico y tecnológico.

Nuestro planeta gira. Cuando es mediodía en un punto determinado de la Tierra,

es plena noche en el punto diametralmente opuesto. Así pues, la Tierra ha sido dividida en veinticuatro husos convenientemente distribuidos, de amplitud prácticamente igual y dando lugar a regiones de igual longitud. Si volamos muy deprisa, creamos situaciones a las que pueden acomodarse nuestras mentes, pero que nuestros cuerpos pueden soportar muy difícilmente. Ya son frecuentes los desplazamientos relativamente cortos hacia el oeste en los que se llega antes de partir —por ejemplo, cuando se invierte menos de una hora entre dos puntos separados por un huso horario. Cuando tomo un avión hacia Londres a las 9 de la noche, ya es mañana en mi punto de destino. Cuando llego, tras un vuelo de cinco o seis horas, ya es muy entrada la noche para mí, pero en mi destino empiezan a trabajar. Mi cuerpo se siente incómodo, mis ciclos vitales se desajustan y tardo unos días en adecuarme al horario inglés. En ese aspecto, un vuelo desde Nueva York a Nueva Delhi resulta mucho más incómodo.

Me parece muy interesante que dos de los más dotados e ingeniosos escritores de ciencia ficción del siglo XX —Isaac Asimov y Ray Bradbury— hayan renunciado a volar. Sus mentes sintonizan perfectamente con los vuelos interplanetarios e interestelares, pero sus cuerpos se resisten a un DC 3. Y es que el ritmo de cambio en la tecnología del transporte ha sido demasiado grande para que muchos de nosotros nos acomodásemos adecuadamente.

En la actualidad, pueden realizarse muchas posibilidades raras. La Tierra gira sobre su eje cada veinticuatro horas. La circunferencia de la Tierra es de 25 000 millas. Así, si fuésemos capaces de desplazarnos a 25 000/24 = 1040 millas por hora, compensaríamos la rotación de la Tierra y, si viajásemos hacia el oeste a la puesta del Sol, nos mantendríamos ante una puesta de Sol durante todo el viaje, aunque diésemos toda la vuelta al planeta. (De hecho, en un viaje de esas características nos mantendríamos en el mismo tiempo *local* a medida que avanzásemos hacia el oeste, atravesando los diversos husos horarios, hasta cruzar la línea horaria internacional, precipitándonos en el mañana). Pero 1040 millas por hora es menos de dos veces la velocidad del sonido y en la actualidad existen en todo el mundo docenas de aparatos, fundamentalmente militares, que son capaces de alcanzar esas velocidades.[13]

Algunos aviones comerciales, como el anglofrancés Concorde, tienen potencias parecidas. En mi opinión, la pregunta no es: «¿Podemos ir más deprisa?», sino «¿tenemos que hacerlo?». Se han planteado inquietudes, desde mi punto de vista acertadamente, acerca de si las ventajas que proporciona el transporte supersónico compensa su coste global y su impacto ecológico.

La mayor parte de la demanda de viajes a larga distancia y a gran velocidad viene formulada por hombres de negocios y funcionarios gubernamentales que necesitan mantener reuniones con otras personas en otros estados o países. Pero de lo que se trata en realidad no es tanto del transporte de material sino del transporte de

información. Considero que una gran parte de la demanda de transporte a gran velocidad podría evitarse si se utilizase mejor la tecnología de comunicaciones existente. En muchas ocasiones he participado en reuniones privadas u oficiales en las que había, por ejemplo, veinte personas, cada una de las cuales había pagado 500 dólares en concepto de transporte y gastos de estancia, por el sólo hecho de participar, lo cual suma en total 10 000 dólares. Pero lo que intercambian los participantes siempre es información. Los teléfonos con pantalla, las líneas telefónicas arrendadas y los aparatos reproductores de facsímiles capaces de transmitir escritos o diagramas deberían prestar el mismo servicio o incluso mejor. No existe ninguna función específica en esas reuniones —que incluyen discusiones privadas «en los pasillos» entre los participantes— que no pueda realizarse a menor precio y, por lo menos, con la misma eficacia utilizando las comunicaciones, en lugar de la tecnología del transporte.

Ciertamente existen avances en el campo de los transportes que parecen prometedores y deseables: el avión de despegue y aterrizaje vertical (VTOL) es un verdadero regalo para los lugares habitados aislados y remotos en caso de emergencias médicas o de otro tipo. Pero los últimos avances en el campo de la tecnología del transporte que me parecen más atrayentes son las aletas de caucho para la inmersión submarina y los planeadores de suspensión. Se trata de avances tecnológicos muy en la línea de los buscados por Leonardo da Vinci en el primer esfuerzo tecnológico serio de la humanidad por conseguir volar en el siglo XV; esos aparatos le permiten a cualquier ser humano penetrar, con sólo algo más que sus propias fuerzas, y a una velocidad estimulante, en un medio totalmente distinto.

Creo que con el agotamiento de los combustibles fósiles es muy probable que los automóviles propulsados por motores de combustión interna nos duren como mucho unas décadas. El transporte del futuro tendrá forzosamente que ser distinto. Podemos pensar en vehículos confortables e igualmente rápidos a base de vapor, energía solar, células de combustible o electricidad, que produzcan poca polución y que utilicen una tecnología fácilmente accesible para el usuario.

Muchos expertos en bienestar se muestran preocupados porque en el mundo occidental —y de forma creciente en los países desarrollados— nos estamos volviendo demasiado sedentarios. Al conducir un automóvil se utilizan muy pocos músculos. La agonía del automóvil conlleva seguramente aspectos muy positivos, vistos con perspectiva, uno de los cuales es la recuperación del sistema de transporte más antiguo, el andar, y el ciclismo, que en muchos aspectos es el más sobresaliente.

Fácilmente se puede imaginar una sociedad futura sana y estable en la que andar e ir en bicicleta constituyan los medios de transporte principales; con automóviles de velocidad reducida y no generadores de polución y sistemas de transporte público por

raíles a disposición de todo el mundo y los aparatos de transporte más sofisticados relativamente poco utilizados por la persona media. La aplicación de la tecnología del transporte que requiere una mayor dosis de sofisticación es la de los vuelos espaciales. Los beneficios prácticos inmediatos, el conocimiento científico y la atrayente exploración que han proporcionado los vuelos espaciales no tripulados alcanzan cotas impresionantes y es de esperar todavía, en las próximas décadas, un ritmo creciente de lanzamientos de vehículos espaciales efectuados por muchos otros países, utilizando formas más sutiles de transporte, como las descritas en el capítulo anterior. Se han propuesto sistemas con energía nuclear, sistemas de navegación solar y de propulsión química, pero todos ellos, hasta cierto punto, se encuentran en vías de desarrollo. A medida que las centrales nucleares de fusión se consoliden, proporcionando aplicaciones terrestres, en las próximas décadas asistiremos también al desarrollo de máquinas espaciales de fusión.

Ya se están utilizando las fuerzas gravitatorias de los planetas para alcanzar velocidades inalcanzables de otra forma. El *Mariner 10* sólo pudo llegar a Mercurio porque pasó cerca de Venus y la gravedad de este planeta le proporcionó un empuje considerable. Y el *Pioneer 10* fue llevado a una órbita que le permitiría escapar del sistema solar sólo porque pasó cerca del planeta gigante Júpiter. En cierto sentido, el *Pioneer 10* y los *Voyager 1* y *2* son nuestros sistemas de transporte más avanzados. Están abandonando el sistema solar a una velocidad de unas 43 000 millas por hora, llevando mensajes para todos aquellos que puedan interceptarlos desde la oscuridad del cielo nocturno, mensajes de los habitantes de la Tierra —esos mismos que hacen tan sólo un tiempo no podían desplazarse sino a unas pocas millas por hora.

CAPÍTULO 18

A MARTE, A TRAVÉS DEL CEREZO

¡Ay! ¡Quién tuviera una musa de fuego para escalar el cielo más resplandeciente de la invención!

WILLIAM SHAKESPEARE.
Enrique V, acto I, prólogo

ESTAMOS EN UNA PEREZOSA tarde del exquisito otoño de Nueva Inglaterra. Dentro de unas diez semanas será el 1 de enero de 1900; en tu diario, que contiene los acontecimientos y las ideas de tu vida previa, nunca podrás ya escribir una fecha de los años 1800. Acabas de cumplir diecisiete años. En la escuela pública asistes a las clases de segundo curso de enseñanza media, pero actualmente estás en casa, en parte porque tu madre está muy enferma de tuberculosis y en parte por tus propios dolores crónicos de estómago. Eres brillante, no sin talento para las ciencias, pero nadie ha insinuado todavía que puedas tener una capacidad extraordinaria. Estás disfrutando de la contemplación del paisaje de Nueva Inglaterra desde lo alto de un viejo cerezo al que te has subido, cuando, de repente, te asalta una idea, una visión irresistible y apremiante de que puede conseguirse, más de hecho que con la fantasía, viajar hasta el planeta Marte.

Cuando bajas del cerezo sabes que eres un chico muy distinto del que subió a él. El trabajo de toda tu vida queda claramente definido y durante los siguientes cuarenta y cinco años tu dedicación nunca se tambaleará. Has quedado prendado de la visión de un vuelo a los planetas. Estás profundamente conmovido y atemorizado en silencio por la visión experimentada en el cerezo. Al año siguiente, el día del aniversario de esa visión, vuelves a subir al árbol para saborear la alegría y el significado de esa experiencia; y para siempre jamás pones un punto en tu diario llamando «Día del Aniversario» a la conmemoración de esa experiencia —cada 19 de octubre hasta tu fallecimiento, a mediados de los años 40, época en la que tus apreciaciones teóricas y tus innovaciones prácticas han resuelto básicamente todas las trabas tecnológicas para un vuelo interplanetario.

Cuatro años después de tu muerte se ajustó un WAC Corporal al morro de una V-2 y su lanzamiento fue un éxito, alcanzando una altitud de 250 millas, el umbral del espacio a todos los efectos. Todos los elementos esenciales del diseño del WAC Corporal y de la V-2 y el propio concepto de cohetes en sucesión habían sido elaborados por ti. Un cuarto de siglo más tarde, se lanzarán vehículos espaciales no tripulados a todos los planetas conocidos por el hombre antiguo; una docena de

hombres pisarán la Luna; y dos vehículos increíblemente miniaturizados llamados *Viking* estarán marchando hacia Marte, en un primer intento de buscar vida en ese planeta.

Robert H. Goddard no se equivocó y nunca puso en duda la determinación que adoptó en el cerezo de la granja de su tía abuela Czarina en Worcester, Massachusetts. Así como otros habían tenido visiones parecidas —especialmente Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky en Rusia—, Goddard conjugó de manera única una dedicación visionaria con una gran brillantez técnica. Estudió física porque necesitaba la física para llegar a Marte. Durante muchos años fue profesor de física y jefe del departamento de física de la Universidad Clark en su ciudad natal, Worcester.

Mientras leía los cuadernos de Robert Goddard, quedé sorprendido de lo poderosas que fueron sus motivaciones científicas y exploratorias y también de lo influyentes que fueron sus ideas especulativas —incluidas las erróneas— en la configuración del futuro. En los años del cambio de siglo, los intereses de Goddard estaban profundamente influenciados por la idea de la existencia de vida en otros mundos. Se sentía atraído por las tesis de W. H. Pickering, del Harvard College Observatory, según las cuales la Luna poseía una atmósfera perceptible, un vulcanismo activo, zonas variables heladas e incluso marcas oscuras móviles, lo cual Pickering interpretaba de forma diversa como el crecimiento de vegetación o también como la migración de enormes insectos por la superficie del cráter Eratóstenes. Goddard quedó prendado por la ciencia ficción de H. G. Wells y Garrett P. Serviss, especialmente por la *Edison's Conquest Of Mars* de éste, sobre la cual Goddard dijo que «había sacudido tremendamente mi imaginación». Leía con deleite las obras de Percival Lowell, un elocuente abogador de la tesis de que el planeta Marte estaba habitado por seres inteligentes. Y aun con todo eso que estimulaba poderosamente su imaginación, Goddard consiguió mantener un cierto sentido del escepticismo, que resulta muy poco frecuente en la gente joven propensa a las epifanías interplanetarias en lo alto de los cerezos: «Las condiciones reales pueden ser totalmente distintas… de las que sugiere el Profesor Pickering… El único antídoto para las falacias es —en pocas palabras— no dar por supuesto nada».

El 2 de enero de 1902, como sabemos a través de los cuadernos de Goddard, éste escribió un artículo titulado «La Habitabilidad de Otros Mundos». Este artículo no había sido compilado entre las obras de Goddard, lo cual me pareció una verdadera lástima, pues nos hubiese hecho comprender mejor hasta qué punto la búsqueda de vida extraterrestre era un motivo principal en el trabajo de Goddard.[14]

En los años siguientes a la presentación de su tesis doctoral, Goddard trabajó con éxito en una verificación experimental de sus ideas sobre vuelos de cohetes propulsados por sólidos y líquidos. En ese empeño recibió el apoyo de dos hombres:

Charles Greeley Abbott y George Ellery Hale. Por aquel entonces Abbott era un joven científico en la Smithsonian Institution, de la que posteriormente fue secretario, puesto cuya designación resulta muy elaborada y por ello es bien conocida la organización. Hale era la fuerza motriz de la astronomía de observación en Norteamérica en aquella época; antes de morir había fundado los observatorios Yerkes, Mount Wilson y Mount Palomar, cada uno de ellos, y a su tiempo, con el mayor telescopio del mundo.

Tanto Abbott como Hale eran físicos solares y parece claro que quedaron cautivados por la visión de Goddard acerca de un cohete que navegase por encima de la manta oscurecedora de la atmósfera terrestre y capaz de observar sin obstáculos el Sol y las estrellas. Pero Goddard iba más allá de esta intrépida visión. Habló y escribió sobre experiencias acerca de la composición y la circulación en la alta atmósfera de la Tierra, sobre la posibilidad de llevar a cabo observaciones del Sol y las estrellas con rayos gamma y con ultravioleta, por encima de la atmósfera terrestre. Diseñó un vehículo espacial capaz de acercarse a unas 1000 millas de la superficie de Marte —por una curiosa coincidencia histórica se trata de la distancia mínima de las órbitas del *Mariner 9* y de los *Viking*. Goddard calculó que un telescopio de buen tamaño situado en ese punto privilegiado sería capaz de fotografiar decenas de metros de la superficie del Planeta Rojo, lo cual equivale a la resolución de las cámaras del vehículo orbital *Viking*. Imaginó un vuelo interestelar lento a velocidades y escalas de tiempo equivalentes a las de los vehículos *Pioneer 10* y *11*, nuestros primeros emisarios interestelares.

El genio de Goddard apuntaba más alto todavía. Concibió, y no en broma, sino bastante en serio, un vehículo propulsado por energía solar, en una época en la que cualquier aplicación práctica de la energía nuclear era desacreditada públicamente, sugiriendo la propulsión nuclear para vehículos que debiesen recorrer distancias interestelares. Goddard imaginó una época en el futuro más lejano en la que el Sol se habría enfriado y el sistema solar resultaría inhabitable, en la que tendrían lugar vuelos interestelares tripulados por nuestros más remotos descendientes, camino de las estrellas —no sólo las estrellas cercanas, sino también los remotos cúmulos estelares de la Vía Láctea. No pudo imaginar vuelos relativistas y, por tanto, hizo la hipótesis de un determinado método de suspender la animación de la tripulación humana o —con mayor dosis de imaginación todavía— un medio de enviar material genético de seres humanos a alguna época determinada muy lejana en el futuro, material que tendría la capacidad de recombinarse y producir una nueva generación de personas.

«En cada expedición», escribió, «debería llevarse todo el conocimiento, la literatura, el arte (en forma condensada) y una descripción de las herramientas, aplicaciones y procesos de la forma más condensada, ligera e indestructible posible,

de manera que la nueva civilización pudiese empezar allí donde finalizó la vieja». Esta última especulación, titulada *La última migración*, estaba contenida en un sobre lacrado con instrucciones de que sólo podía abrirlo «un optimista». Y en verdad fue, no una Pollyanna[15] que prefiera ignorar los problemas y los demonios de nuestro tiempo, sino un hombre comprometido con el progreso de la condición humana y la creación de amplias perspectivas para el futuro de nuestra especie.

Nunca le faltó dedicación para Marte. A raíz de uno de sus primeros éxitos experimentales, tuvo que escribir un artículo para la prensa en el que se explicasen los detalles del lanzamiento y su significado más profundo. A punto estuvo de hablar de vuelos a Marte, pero se le disuadió de hacerlo, porque hubiesen parecido demasiado fantásticos. Habló en cambio de la posibilidad de mandar una buena cantidad de magnesio que, como en el instante de hacer una fotografía, produciría un gran destello al estrellarse contra la Luna. La idea causó sensación. Durante muchos años, a Goddard se le llamó desdeñosamente «el Hombre de la Luna» y sus relaciones con la prensa a partir de entonces fueron de lo más deplorable. (Un editorial del *New York Times* que criticó a Goddard por haber «olvidado» que un cohete no podría recorrer el vacío del espacio al no tener nada contra lo que avanzar, debió contribuir considerablemente a ese malestar. El *Times* sólo descubrió la tercera ley de Newton y se retractó de su error en la época del Apollo). Goddard proponía la siguiente reflexión: «Desde aquel día, en la mente del público todo estaba concentrado en las palabras “cohete lunar”, y ocurrió que, al intentar minimizar la parte fantástica, hice levantar una mayor polvareda que si hubiese escrito sobre el transporte a Marte, que la prensa representativa hubiese considerado tan ridículo que sin duda no lo hubiese mencionado nunca».

Los cuadernos de Goddard no contienen observaciones psicológicas. No era, por lo menos no lo era mucho, el espíritu de la época en que vivió.[16] Sin embargo, en uno de sus cuadernos puede encontrarse una observación que constituye un destello de penetrante autovaloración: «Dios tenga piedad de aquel que tenga un único sueño». Ése era precisamente el caso de Goddard. Sentía una gran satisfacción al constatar los avances de la tecnología de cohetes, pero para él se producían con una lentitud desesperante. Se conocen muchas cartas, que le fueron enviadas por Abbott, en las que se le urgía a progresar más rápidamente y también muchas respuestas de Goddard haciendo un listado de los impedimentos prácticos. Goddard no pudo asistir a los inicios de la astronomía por cohetes y de la meteorología de gran altitud, y mucho menos pudo asistir a los vuelos a Marte y a otros planetas.

Pero todas esas cosas se están produciendo ahora a causa de lo que claramente son los resultados tecnológicos del genio de Goddard. El 19 de octubre de 1976 se conmemoró el 77° aniversario de la visión marciana de Robert H. Goddard. Ese día había en órbita alrededor de Marte dos vehículos espaciales y otros dos se habían

posado sobre la superficie marciana, los vehículos *Viking*, cuyos orígenes pueden hacerse remontar, con plena seguridad, a aquel chico subido en un cerezo en el otoño de 1899 de Nueva Inglaterra. Entre sus muchos objetivos, los *Viking* tenían la misión de comprobar la posibilidad de existencia de vida en Marte, la idea que tan poderosamente había estado motivando a Goddard hacía ya unos cuantos años. Curiosamente, no estamos seguros todavía de lo que significan los resultados biológicos de los *Viking*. Algunos consideran que se ha descubierto vida microbiana; otros piensan que es muy improbable. Es evidente que se hace necesario un gran programa de exploración futura de Marte en orden a poder comprender en qué estadio de la evolución cósmica se encuentra ese mundo vecino y cuál es su conexión con el estadio evolutivo en nuestro propio planeta.

Desde sus primeros pasos, la tecnología de cohetes se ha ido desarrollando gracias al interés por la vida en otros mundos. Ahora hemos aterrizado en Marte, hemos obtenido resultados biológicos sorprendentes y enigmáticos; las próximas misiones —vehículos superficiales móviles y recogida de muestras— necesitan a su vez un mayor desarrollo de la tecnología de los vehículos espaciales, una causalidad mutua que creo que Goddard hubiese apreciado.

CAPÍTULO 19

EXPERIENCIAS EN EL ESPACIO

Siempre suspiramos por visiones de belleza, siempre soñamos mundos desconocidos.

MÁXIMO GORKI

HASTA HACE RELATIVAMENTE POCO, la astronomía tenía un serio impedimento, a la vez que una notable particularidad: era la única ciencia completamente no experimental. Los materiales de estudio estaban allá arriba, mientras que nosotros y nuestras máquinas estábamos aquí abajo.

Ninguna otra ciencia se ha visto tan duramente limitada. Evidentemente, en física y química todo se forja en el crisol del experimento y todos aquellos que tienen dudas sobre alguna conclusión determinada son libres de realizar una amplia gama de manipulaciones alternativas de la materia y la energía, en un intento de poner de manifiesto contradicciones o explicaciones alternativas. Los biólogos de la evolución, incluso aquellos de temperamento reposado, no pueden permitirse el lujo de esperar unos cuantos millones de años para observar cómo una especie evoluciona hacia otra. Pero las experiencias con secuencias normales de aminoácidos, con la estructura enzimática, códigos de ácidos nucleicos, bandas de cromosomas, y la anatomía, la fisiología y el comportamiento abogan fuertemente por la evolución y muestran claramente qué grupos de plantas o animales (como, por ejemplo, los seres humanos) están relacionados con qué otros (como, por ejemplo, los grandes simios).

Es cierto que los geofísicos, preocupados por el interior profundo de la Tierra, no pueden desplazarse hasta la discontinuidad de Wiechert entre el núcleo y el manto o (siquiera) hasta la discontinuidad de Mohorovicic entre el manto y la corteza. Pero en algunos puntos de la superficie se pueden encontrar y examinar batolitos expelidos desde lo más profundo. Los geofísicos han tenido que basarse principalmente en datos sísmicos y, como los astrónomos, no han podido forzar los favores de la Naturaleza, sino que se han visto obligados a esperar sus regalos voluntarios —por ejemplo, en un fenómeno sísmico situado al otro lado de la Tierra de forma que uno de dos sismógrafos próximos entre sí esté en la sombra del núcleo terrestre y el otro no. Pero los sismólogos impacientes pueden llevar a cabo, y de hecho lo hacen, sus propias explosiones químicas y nucleares hasta conseguir que la Tierra suene como una campana. Algunos indicios intrigantes apuntan a la posibilidad de poner en marcha o parar los terremotos. Los geólogos intolerantes con el razonamiento inferencial siempre pueden salir al campo y observar los procesos de erosión

contemporáneos. Pero no existe el equivalente astronómico exacto del geólogo buscador de rocas.

Nos hemos visto limitados a la radiación electromagnética reflejada y emitida por los objetos astronómicos. No hemos sido capaces de examinar fragmentos de estrellas o de planetas[17] en nuestros laboratorios ni de acercarnos a dichos objetos para examinarlos *in situ*. Las observaciones pasivas con base en tierra nos han restringido a una pequeña fracción de los muchos datos que podrían proporcionar los objetos astronómicos. Nuestra posición ha sido mucho peor que la de los seis ciegos de la fábula que indagaban la naturaleza del elefante; se ha parecido más a la situación de un ciego en el zoológico. Hemos estado durante siglos dándole golpes a una pata trasera. No es sorprendente que no hayamos advertido los colmillos o que la pata en cuestión no correspondiese a un elefante. Si, por casualidad, el plano orbital de una estrella doble se encontraba en nuestra línea de visión, podíamos ver eclipses; en caso contrario, no era posible. No podíamos desplazarnos hasta una posición en el espacio desde la que observar los eclipses. Si estábamos observando una galaxia cuando explotaba una supernova, podíamos observar el espectro de la supernova; en caso contrario, no era posible. No disponemos de la capacidad de realizar experiencias de explosiones de supernova —lo cual viene a ser lo mismo. No podíamos estudiar en el laboratorio las propiedades eléctricas, térmicas, minerológicas y químicas de la superficie lunar. Estábamos restringidos por las interferencias de la luz visible reflejada y las ondas de radio e infrarrojas emitidas por la Luna, tarea facilitada por experiencias naturales ocasionales como los eclipses y las lunaciones.

Pero todo eso está cambiando gradualmente. Los astrónomos que realizan sus observaciones desde tierra disponen ahora, por lo menos para los objetos cercanos, de una herramienta experimental: la radioastronomía. A nuestra conveniencia, con la frecuencia, polarización, amplitud de banda y longitud del impulso que deseemos, podemos enviar microondas a una luna o a un planeta próximo y examinar la señal reflejada. Podemos esperar a que el objeto vaya girando bajo el haz e ilumine algún otro lugar de su superficie. La radioastronomía ha proporcionado una multitud de nuevas conclusiones acerca de los períodos de rotación de Venus y Mercurio, de problemas relacionados con la evolución periódica del sistema solar, de los cráteres de Venus, de la fragmentada superficie de la Luna, de las elevaciones de Marte y del tamaño y la composición de las partículas de los anillos de Saturno. Y la radioastronomía no ha hecho sino empezar. Pero seguimos limitados a las latitudes bajas y, en lo que respecta al sistema solar exterior, a los hemisferios que miran hacia el Sol. Pero con la nueva superficie del telescopio de Arecibo del Centro Nacional Astronómico e Ionosférico de Puerto Rico, seremos capaces de levantar un mapa de la superficie de Venus con una resolución de un kilómetro —más precisa que la mejor resolución de las fotografías de la superficie lunar hechas desde tierra— y de obtener

una multitud de nuevas informaciones sobre los asteroides, los satélites galileanos de Júpiter y los anillos de Saturno. Por primera vez estamos hurgando en el material cósmico y manoseando electromagnéticamente el sistema solar.

Una técnica mucho más potente de la astronomía experimental (en contraposición con la observacional) es la exploración mediante vehículos. Ahora podemos viajar a las magnetosferas y atmósferas de los planetas. Podemos posarnos y circular sobre sus superficies. Podemos recoger material directamente del medio interplanetario. Nuestros pasos preliminares en el espacio han puesto de manifiesto una amplia variedad de fenómenos cuya existencia nunca habíamos conocido: los cinturones terrestres Van Allen de partículas; las concentraciones de material bajo los mares circulares de la Luna; los canales sinuosos y los grandes volcanes de Marte; las superficies repletas de cráteres de Fobos y Deimos. Pero lo más chocante es que, antes del advenimiento de los vehículos espaciales, los astrónomos lo hicieron muy bien, por muy desjarretados que estuviesen. Las interpretaciones que hicieron de las observaciones de que disponían fueron notables. Los vehículos espaciales son formas de comprobar las conclusiones inferidas por los astrónomos, un método para determinar si deben creerse las deducciones astronómicas sobre objetos muy alejados, objetos tan alejados que son totalmente inaccesibles para los vehículos espaciales, por lo menos en un futuro próximo.

Uno de los primeros grandes debates astronómicos giró en torno a si era la Tierra o el Sol el astro que estaba en el centro del sistema solar. Los puntos de vista ptolemaico y copernicano explican el movimiento aparente de la Luna y los planetas con un grado de precisión comparable. En cuanto al problema práctico de predecir las posiciones de la Luna y los planetas tal como se ven desde la superficie de la Tierra, poco importaba la hipótesis que se adoptase. Pero las derivaciones filosóficas de las hipótesis geocéntrica y heliocéntrica resultaban muy distintas. Y existían formas de saber cuál era la correcta. En la hipótesis copernicana, Venus y Mercurio debían pasar por fases como las de la Luna. En la hipótesis ptolemaica, no debían hacerlo. Cuando Galileo utilizó uno de los primeros telescopios astronómicos y observó un planeta Venus creciente, sabía que estaba dando la razón a la hipótesis copernicana.

Pero los vehículos espaciales proporcionan una comprobación más inmediata. Según Ptolomeo, los planetas recorren esferas cristalinas inmensas. Pero cuando el *Mariner 2* o el *Pioneer 10* penetraron en el espacio de las supuestas esferas de cristal de Ptolomeo, no detectaron ningún impedimento a su movimiento; y, más directamente, los detectores acústicos y de meteoritos no detectaron el más mínimo ruido de tintineo y mucho menos el de un cristal roto. Este tipo de comprobación proporciona algo muy satisfactorio e inmediato. Posiblemente no haya ptolemaicos entre nosotros. Pero hay quienes tienen la duda persistente de si Venus podría no

tener que pasar por fases en alguna hipótesis geocéntrica modificada. Esta gente puede sentirse tranquila.

Antes de los vehículos espaciales, el astrofísico alemán Ludwig Biermann se interesó por las observaciones de la aceleración aparente de nudos brillantes en las colas bien desarrolladas de los cometas que pasan por el interior del sistema solar. Biermann demostró que la presión de radiación de la luz solar no bastaba para explicar la aceleración observada y presentó la nueva sugerencia de que del Sol salía un flujo de partículas cargadas que, al interaccionar con el cometa, producían la aceleración observada. Bien, es posible. Pero ¿no podría también deberse, por ejemplo, a explosiones químicas en el núcleo del cometa? O cualquier otra explicación. Pero el primer vehículo interplanetario con éxito, el *Mariner 2*, en vuelo de aproximación a Venus, determinó la existencia de un viento solar con las velocidades y densidades electrónicas del orden de las calculadas por Biermann para la aceleración de sus nudos.

Por aquella época se produjo un debate sobre la naturaleza del viento solar. De un lado, Eugene Parker, de la Universidad de Chicago, sostenía que se debía al flujo hidrodinámico que sale del Sol; de otro lado, a la evaporación en la parte superior de la atmósfera solar. En la explicación hidrodinámica debía producirse fraccionamiento por masa, es decir, la composición atómica del viento solar debía ser la misma que la del Sol. Pero con la explicación por evaporación, los átomos más ligeros escapan con mayor facilidad de la gravedad del Sol y los elementos pesados deberían agotarse preferentemente en el viento solar. Los vehículos interplanetarios han puesto de manifiesto que el cociente hidrógeno helio en el viento solar es precisamente el del Sol y, por tanto, han dado razón a la hipótesis hidrodinámica del origen del viento solar.

En estos ejemplos sacados de la física del viento solar vemos que las experiencias con vehículos espaciales proporcionan los medios para emitir juicios críticos sobre hipótesis antagónicas. Retrospectivamente, vemos que ha habido astrónomos, como Biermann y Parker, que han acertado dando las razones adecuadas. Pero ha habido otros, igualmente brillantes, que no han estado de acuerdo con ellos y así hubiesen seguido, de no haberse llevado a cabo esas contundentes experiencias con vehículos espaciales. Lo interesante no es que hubiera hipótesis alternativas que ahora consideramos incorrectas, sino que, sobre la base de los poquísimos datos disponibles, *cualquiera* era lo suficientemente «capaz» como para apuntar la respuesta correcta —por inferencia, utilizando la intuición, la física y el sentido común.

Antes de las misiones Apollo, la capa más elevada de la superficie lunar podía examinarse con luz visible, infrarroja y mediante observaciones de radio, durante las lunaciones y los eclipses; se midió la polarización de la luz solar reflejada por la

superficie lunar. A partir de esas observaciones, Thomas Gold, de la Universidad de Cornell, preparó una pasta oscura que, en el laboratorio, reproducía muy bien las propiedades observadas de la superficie lunar. Este «polvo de Gold» puede incluso comprarse por poco dinero a la Edmund Scientific Company. A simple vista, la comparación del polvo lunar recogido por los astronautas del Apollo con el polvo de Gold indica que son prácticamente indistinguibles. En cuanto a la distribución de partículas por tamaños y a las propiedades eléctricas y térmicas, son muy parecidos. Sin embargo, sus composiciones químicas son muy distintas. El polvo de Gold está básicamente formado por cemento Portland, carbón de leña y laca para el pelo. La Luna tiene una composición menos exótica. Pero las propiedades lunares observadas de que disponía Gold antes del Apollo no dependían de forma importante de la composición química de la superficie lunar. Fue *capaz* de deducir con precisión la fracción de las propiedades de la superficie lunar que correspondía a las observaciones de la Luna anteriores a 1969.

Del estudio de los datos de radio y radar de que disponemos, fuimos capaces de deducir la elevada temperatura superficial y las altas presiones superficiales de Venus antes de que la primera nave soviética *Venera* observara *in situ* la atmósfera y las *Venera* posteriores la superficie. De igual forma, se calculó con acierto la existencia de unas diferencias de elevación en Marte de hasta 20 kilómetros, aunque nos equivocamos al pensar que las áreas oscuras correspondían sistemáticamente a las grandes elevaciones del planeta.[18]

Tal vez una de las confrontaciones más interesantes entre la inferencia astronómica y las observaciones desde vehículos espaciales la constituya el caso de la magnetosfera de Júpiter. En 1955, Kenneth Franklin y Bernard Burke estaban comprobando un radiotelescopio cercano a Washington D. C., que debía utilizarse para trazar el mapa de la emisión de radio galáctica a una frecuencia de 22 Hertz. En sus registros observaron una interferencia periódicamente recurrente que, en un principio, atribuyeron a alguna fuente convencional de ruido de radio —como si fuese un sistema de ignición defectuoso de algún tractor de las proximidades. Pero pronto se dieron cuenta de que la recurrencia de la interferencia se correspondía perfectamente con los tránsitos por encima del planeta Júpiter. Habían descubierto que Júpiter era una poderosa fuente de emisión de radio decamétrica.

Como consecuencia, se demostró que Júpiter también era una fuente brillante de longitudes de onda decimétricas. Pero el espectro resultaba muy peculiar. A una longitud de onda de varios centímetros, se detectaron temperaturas muy bajas, de unos 140° K —temperaturas comparables a las que no cubre Júpiter en longitudes de onda infrarroja. Pero en longitudes de onda decimétrica —hasta el metro— la temperatura de brillo aumentaba muy rápidamente con la longitud de onda, acercándose a los 100 000° K. Se trataba de una temperatura demasiado elevada para

la emisión térmica —la radiación que emiten todos los objetos, simplemente por encontrarse a una temperatura por encima del cero absoluto.

En 1959, Frank Drake, del National Radio Astronomy Observatory por aquel entonces, propuso que ese espectro requería que Júpiter fuese una fuente de emisión sincrotrón —la radiación que emiten las partículas cargadas en la dirección del movimiento cuando se desplazan a velocidades cercanas a la de la luz. En la Tierra, los sincrotrones son aparatos muy útiles en física nuclear, utilizados para acelerar electrones y protones hasta velocidades muy elevadas; fue en ellos donde se estudió la emisión sincrotrón por primera vez. La emisión sincrotrón está polarizada y el hecho de que la radiación decimétrica procedente de Júpiter también lo esté era un punto adicional en favor de la hipótesis de Drake. Éste sugirió que Júpiter estaba rodeado por un amplio cinturón de partículas relativistas parecido al cinturón de radiación de Van Allen que rodea la Tierra, que acababa de ser descubierto por aquel entonces. Caso de ser así, la región de emisión decimétrica debería ser mucho mayor que el tamaño óptico de Júpiter. Pero los radiotelescopios convencionales disponen de resoluciones angulares inadecuadas para poner de manifiesto cualquier detalle de la amplitud de Júpiter. Sin embargo, un interferómetro de radio sí es capaz de alcanzar esa resolución. En la primavera de 1960, muy poco después de la sugerencia de Drake, V. Radhakrishnan y sus colegas del California Institute of Technology utilizaron un interferómetro compuesto por dos antenas de 90 pies de diámetro montadas sobre raíles y separables por una distancia máxima de un tercio de milla. Encontraron que la región de emisión decimétrica alrededor de Júpiter era considerablemente mayor que el disco óptico ordinario de Júpiter, confirmando así la propuesta de Frank Drake.

Posteriores observaciones por radiointerferometría de mayor resolución han puesto de manifiesto que Júpiter está flanqueado por dos «orejas» simétricas de emisión radio, presentando así la misma configuración general que los cinturones de radiación de Van Allen terrestres. Ha ido conformándose la idea de que en ambos planetas los electrones y los protones procedentes del viento solar son atrapados y acelerados por el campo magnético dipolar del planeta y se ven obligados a recorrer, en espiral, las líneas de fuerza magnética del planeta, oscilando de un polo magnético a otro. La región de emisión de radio alrededor de Júpiter se identifica con su magnetosfera. Cuanto más intenso es el campo magnético, más lejos del planeta se encuentra el límite del campo magnético. Además, comparando el espectro de radio observado con la teoría de la emisión sincrotrón, se obtiene la intensidad del campo magnético. Esta intensidad no puede especificarse con gran precisión, pero la mayoría de las determinaciones a través de la radioastronomía a finales de los años 60 y principios de los 70 daban cifras entre los 5 y los 30 gauss, de unas diez a sesenta veces la intensidad magnética superficial de la Tierra en el Ecuador.

Radhakrishnan y sus colaboradores encontraron también que la polarización de las ondas decimétricas procedentes de Júpiter variaban con regularidad a medida que el planeta gira, como si los cinturones de radiación jovianos se balanceasen con respecto a la línea de visión. Propusieron que se debía a un desfase de 9 grados entre el eje de rotación y el eje magnético del planeta —no excesivamente distinto del desplazamiento entre el polo norte geográfico y el polo norte magnético terrestre. Estudios posteriores de las emisiones decimétrica y decamétrica, llevados a cabo por James Warwick, de la Universidad de Colorado, y otros, sugieren que el eje magnético de Júpiter está desplazado una pequeña fracción de radio joviano respecto al eje de rotación, bastante distinta del caso de la Tierra, donde ambos ejes se cortan en el centro de la Tierra. También se sacó la conclusión de que el polo sur magnético de Júpiter se encontraba en el hemisferio norte; es decir, una brújula apuntaría en Júpiter hacia el sur. Esta sugerencia no tiene nada de raro. El campo magnético de la Tierra ha invertido su dirección varias veces a lo largo de su historia y sólo por definición el polo norte magnético se encuentra en el hemisferio norte terrestre en los momentos actuales. A partir de la intensidad de las emisiones decimétrica y decamétrica, los astrónomos también han calculado cuáles deben ser los valores de las energías y los flujos de electrones y protones en la magnetosfera de Júpiter.

Es una exposición muy rica en conclusiones. Pero todas ellas se obtienen por inferencia. Toda la elaborada superestructura fue sometida a una comprobación definitiva el 3 de diciembre de 1973, cuando la nave *Pioneer 10* atravesó la magnetosfera joviana. A bordo de la nave había magnetómetros que midieron la intensidad y la dirección del campo magnético en distintas posiciones de la magnetosfera; también había una gran variedad de detectores de partículas cargadas, que midieron las energías y los flujos de los electrones y protones atrapados. Fue sorprendente que prácticamente todas las inferencias radioastronómicas fueran confirmadas por el *Pioneer 10* y su vehículo sucesor, el *Pioneer 11*. El campo magnético superficial en el ecuador de Júpiter es de unos 6 gauss, y es mayor en los polos. La inclinación del eje magnético respecto al eje de rotación es de unos 10 grados. Puede decirse que el eje magnético está aparentemente desplazado un cuarto de radio joviano respecto al centro del planeta. Más allá de tres radios jovianos, el campo magnético es aproximadamente el de un dipolo; a distancias menores, resulta mucho más complejo de lo que se había pensado.

El flujo de partículas cargadas detectadas por el *Pioneer 10* a lo largo de su trayectoria a través de la magnetosfera era considerablemente mayor de lo que se había anticipado —pero no lo suficientemente grande como para desactivar el vehículo. La supervivencia del *Pioneer 10* y del *Pioneer 11* en la magnetosfera joviana se debió más a la buena suerte y a la buena ingeniería de que disponían los vehículos que a la precisión de las teorías magnetosféricas anteriores.

En términos generales, la teoría sincrotrón de la emisión decimétrica procedente de Júpiter se ha visto confirmada. Resulta que todos esos radioastrónomos debían saber lo que estaban haciendo. Ahora podemos creer, con una mayor confianza que hasta entonces, en los resultados teóricos de la física sincrotrón y en los aplicados a otros objetos cósmicos, más distantes y menos accesibles, como son los pulsars, quasars o los restos de supernova. De hecho, ahora pueden revisarse las teorías y mejorar su precisión. La radioastronomía teórica ha debido afrontar por primera vez una experiencia definitiva —y ha logrado superarla satisfactoriamente. De entre los descubrimientos importantes realizados por los *Pioneer 10* y *11*, creo que ése es su mayor triunfo: ha confirmado nuestra comprensión de una rama importante de la física cósmica.

Existen muchas cosas de la magnetosfera y las emisiones de radio jovianas que todavía no entendemos. Los detalles de las emisiones decamétricas siguen siendo muy misteriosos. ¿Por qué se localizan en Júpiter fuentes de emisión decamétrica cuyo tamaño no supera probablemente los 100 kilómetros? ¿Qué son esas fuentes de emisión? ¿Por qué las regiones de emisión decamétrica giran alrededor del planeta con una precisión temporal sorprendente —superior a siete cifras significativas—, pero a la vez distinta de los períodos de rotación de los elementos visibles en las nubes jovianas? ¿Por qué las erupciones decamétricas poseen una estructura fina y muy intrincada (por debajo de los milisegundos)? ¿Por qué las fuentes emiten la radiación decamétrica en haces; es decir, no emiten de la misma manera en todas direcciones? ¿Por qué son intermitentes las fuentes decamétricas; es decir, no están «encendidas» todo el tiempo?

Estas misteriosas propiedades de la emisión decamétrica de Júpiter recuerdan las propiedades de los pulsars. Los pulsars típicos poseen campos magnéticos un millón de millones de veces más intensos que en Júpiter; giran 100 000 veces más deprisa; su duración es de una milésima de la vida de Júpiter, pero son mil veces más masivos. El límite de la magnetosfera de Júpiter se desplaza a menos de una milésima de la velocidad del cono de luz de un pulsar. Sin embargo, entra dentro de lo posible que Júpiter sea un pulsar que no consiguió serlo, un modelo local y bastante poco simpático de estrella de neutrones en rotación rápida, que es uno de los productos finales de la evolución estelar. De la observación, mediante vehículos de aproximación, de la emisión decamétrica de Júpiter —por ejemplo, con las misiones *Voyager* y *Galileo* de la NASA— podremos deducir conocimientos importantes acerca de los problemas todavía confusos de los mecanismos de la emisión pulsar y de las geometrías de la magnetosfera.

La astrofísica experimental se está desarrollando rápidamente. Dentro de unas pocas décadas como máximo podremos disponer de investigación experimental directa del

medio interestelar: se considera que la heliopausa —el límite entre la región dominada por el viento solar y la dominada por el plasma interestelar— se sitúa a no mucho menos de 100 unidades astronómicas (9300 millones de millas) de la Tierra. (Ahora si sólo tuviésemos en nuestro sistema solar un quásar local y un agujero negro doméstico —nada importante, sólo unos pequeños ejemplares— podríamos comprobar con mediciones *in situ* desde vehículos espaciales el cuerpo principal de la moderna especulación astrofísica).

De la experiencia pasada puede deducirse que, tras cada misión astrofísica con naves espaciales, se encontrará que *a)* una gran escuela de astrofísicos había acertado plenamente; *b)* nadie se había puesto de acuerdo, hasta que los resultados de los vehículos espaciales hubiesen regresado, en qué escuela tenía razón; y *c)* los resultados de los vehículos espaciales pusieron de manifiesto un nuevo cuerpo de problemas fundamentales todavía más fascinantes.

CAPÍTULO 20

EN DEFENSA DE LOS ROBOTS

¡Te presentas en forma tan sugestiva, que quiero hablarte!

WILLIAM SHAKESPEARE,
Hamlet, acto I, escena 4

LA PALABRA «ROBOT» fue utilizada por primera vez por el escritor checo Karel Capek; proceden de la raíz eslava de «trabajador». Pero significa máquina trabajadora y no ser humano trabajador. Los robots, especialmente los robots en el espacio, han sido a menudo objeto de comentarios despectivos en la prensa. Así, leemos que se necesitaba un ser humano para llevar a cabo los últimos ajustes antes de la toma de tierra del *Apollo 11* y que sin él el primer alunizaje tripulado habría acabado en un desastre; que un robot móvil colocado en la superficie marciana nunca podía ser tan capaz como un astronauta a la hora de seleccionar muestras que posteriormente examinarían geólogos terrestres; y que las máquinas nunca hubiesen podido reparar, como lo hicieron los hombres, el parasol del *Skylab*, tan definitivo para la continuidad de la misión *Skylab*.

Pero esas comparaciones las han formulado, como es natural, seres humanos. Me pregunto si en esos juicios no se ha deslizado algún elemento de autosuficiencia, una bocanada de chauvinismo humano. Así como los blancos hacen gala, en algunas ocasiones, de un cierto racismo y los hombres, a menudo, de sexismo, me pregunto si aquí no se deja entrever alguna miseria del espíritu humano comparable —enfermedad que todavía no tiene nombre. La palabra «antropocentrismo» no significa exactamente lo mismo. La palabra «humanismo» se refiere a otras actividades más benignas de nuestra especie. Por analogía con sexismo y racismo, he de suponer que el nombre de esta enfermedad es «especismo» —el prejuicio según el cual no existen seres tan perfectos, tan capaces, tan dignos de confianza como los seres humanos.

Se trata de un prejuicio ya que, por lo menos, se juzga con anterioridad, se sacan conclusiones antes de disponer de todos los hechos. Estas comparaciones entre hombres y máquinas en el espacio giran siempre en torno a comparaciones entre hombres listos y máquinas tontas. No nos hemos preguntado qué tipo de máquinas podían construirse con los 30 mil millones de dólares aproximadamente que costaban las misiones *Apollo* y *Skylab*.

Cada ser humano es una computadora autodesplazable, soberbiamente construida, sorprendentemente compacta, capaz en su momento de tomar decisiones

independientes y de controlar verdaderamente su entorno. Y, como suele decirse, estas computadoras pueden construirse con un trabajo no especializado. Pero existen serias limitaciones para la utilización de seres humanos en ciertos entornos. Sin una gran protección, los seres humanos se encontrarían muy incómodos en el fondo del océano, o sobre la superficie de Venus, o en el interior de Júpiter o incluso en misiones espaciales de muy larga duración. Tal vez los únicos resultados interesantes de la misión *Skylab*, que no hubiese podido obtenerse a través de las máquinas, es que los seres humanos que se pasan meses en el espacio experimentan una pérdida importante de calcio y fósforo óseos —lo cual parece indicar que los seres humanos pueden estar incapacitados a 0 g para misiones de seis o nueve meses o más. Pero los viajes interplanetarios mínimos tienen tiempos característicos de un año o dos. Como valoramos en tan alto grado a los seres humanos, somos reacios a enviarlos a misiones arriesgadas. Si enviamos seres humanos a entornos exóticos, tendremos que enviar con ellos su comida, su aire, su agua, equipaje para su ocio y reciclaje para sus restos, y compañía. Comparativamente, las máquinas no necesitan complicados sistemas de apoyo, ni entretenimiento, ni compañía, y todavía no sentimos fuertes reparos éticos por mandar máquinas en misiones sólo de ida o en misiones suicidas.

En misiones sencillas, las máquinas han demostrado verdaderamente, y en muchas ocasiones, su capacidad. Vehículos no tripulados han fotografiado por primera vez toda la Tierra y el lado oculto de la Luna; se han posado por primera vez en la Luna, en Marte y en Venus; han hecho el primer reconocimiento orbital completo de otro planeta, en las misiones *Mariner 9* y *Viking* a Marte. Aquí en la Tierra cada vez es más frecuente que la producción de alta tecnología —por ejemplo, en la industria química y farmacéutica— se realice parcial o totalmente bajo control por computadora. En todas esas actividades, las máquinas son capaces, hasta cierto punto, de detectar errores, de corregirlos, de avisar a los controladores humanos situados a gran distancia sobre los problemas detectados.

Es bien conocida la tremenda capacidad de las máquinas computadoras en el terreno de la aritmética —consiguen velocidades miles de millones de veces superiores a las de los seres humanos no ayudados. Pero, ¿cuáles son las cosas verdaderamente difíciles? ¿Son acaso las máquinas capaces de pensar, de alguna manera, un nuevo problema? ¿Son capaces de llevar a cabo discusiones según algún árbol de contingencias que consideramos característico de los seres humanos? (Es decir, hago la Pregunta 1; si la respuesta es A hago la Pregunta 2; pero si la respuesta es B, hago la Pregunta 3; y así sucesivamente). Hace algunas décadas, el matemático inglés A. M. Turing describía lo que para él era necesario para poder creer en la inteligencia de las máquinas. La condición era simplemente la de poder establecer comunicación por teletipo con una máquina y la de ser incapaz de decir que no se trataba de un ser humano. Turing imaginó una conversación de la siguiente guisa

entre un hombre y una máquina:

PREGUNTA: En la primera línea de tu soneto dice «¿Debo compararle con un día de verano?». ¿No iría igual, o mejor, poner «un día de primavera»?
RESPUESTA: No rimaría.
PREGUNTA: ¿Y poner «un día de invierno»? Entonces rimaría perfectamente.
RESPUESTA: Sí, pero a nadie le gustaría ser comparado con un día de invierno.
PREGUNTA: ¿Podría decirse que Mr. Pickwick le recuerda la Navidad?
RESPUESTA: En cierto sentido.
PREGUNTA: Sin embargo, Navidad es un día de invierno y no creo que a Mr. Pickwick le importase la comparación.
RESPUESTA: No creo que lo diga en serio. Por un día de invierno se entiende un día de invierno típico y no un día especial como es Navidad.

No se ha construido ninguna máquina de esa sofisticación, aunque no estoy muy seguro de cuántos seres humanos pasarían con éxito el test humano de Turing. Pero la cantidad de dinero y de esfuerzo que se ha volcado sobre la inteligencia artificial ha sido bastante limitado y sólo existe una media docena de centros importantes dedicados a ello en todo el mundo. Uno de los resultados más sorprendentes obtenidos en un universo de discurso muy limitado —el de los bloques de los niños— procede del trabajo de Terry Winograd, entonces en el Massachusetts Institute of Technology. Se trata de un diálogo entre un hombre y una máquina que había sido programada por Winograd:

PREGUNTA: ¿Qué contiene la caja?
RESPUESTA: La pirámide azul y la caja azul.
PREGUNTA: ¿Cuántos bloques hay en la caja?
RESPUESTA: Hay cuatro.
PREGUNTA: ¿Es uno de ellos, por lo menos, más estrecho que el que te dije que cogieses?
RESPUESTA: Sí, el cubo rojo.
PREGUNTA: ¿Hay algún campanario?
RESPUESTA: Lo siento, no conozco la palabra «campanario».
PREGUNTA: Un campanario es una pila con dos cubos verdes y una pirámide, por ejemplo.
RESPUESTA: Comprendo.
PREGUNTA: ¿Hay algún campanario ahora?
RESPUESTA: No.
PREGUNTA: Construye uno.

La máquina lo hace. Pone en movimiento su brazo mecánico, mueve los cubos y construye la estructura que acaba de describírsele.
PREGUNTA: ¿Cuándo cogiste la pirámide?
RESPUESTA: Mientras estaba apilando el cubo rojo, el bloque rojo grande y el cubo verde grande.
PREGUNTA: ¿Por qué?
RESPUESTA: Para desembarazarme de él.
PREGUNTA: ¿Por qué sacaste el cubo?
RESPUESTA: Para ponerlo sobre el cubo verde grande.

A modo de otro ejemplo, citaremos la máquina psiquiatra puesta a punto por Joseph Weizenbaum, también en el MIT. Se trata de un programa mucho más sencillo que el de Winograd, ya que en él sólo interviene la psicoterapia no directiva, para lo cual, en términos generales, se requieren programas mucho más sencillos de computadora. Veamos un sorprendente diálogo entre un ser humano y una computadora psicoterapeuta. (Hay un efecto de selección en este caso, ya que muchos otros diálogos psiquiátricos máquina/hombre no son, ni con mucho, tan sorprendentes. Pero supongo que la mayoría de los diálogos psiquiátricos máquina/hombre tampoco son muy sorprendentes). En esta interacción, para dejar bien claros los papeles respectivos del facultativo y del paciente, conviene decir que éste escribe en minúsculas mientras que el facultativo lo hace con mayúsculas:

los hombres son todos iguales
EN QUÉ SENTIDO
siempre nos están molestando por alguna cosa
PUEDE CITAR ALGÚN EJEMPLO ESPECÍFICO
bien, mi novio me hizo venir aquí
SU NOVIO LA HIZO VENIR AQUÍ
advirtió que estaba deprimida la mayoría del tiempo
ME DISGUSTA OÍR QUE ESTÁ DEPRIMIDA
él tiene razón, no soy feliz
CREE USTED QUE AL VENIR AQUÍ DEJARÁ DE NO SER FELIZ
necesito una ayuda, eso es lo único claro
QUÉ SIGNIFICARÍA PARA USTED RECIBIR UNA AYUDA
tal vez pudiese aprender a llevarme bien con mi madre
DÍGAME MÁS COSAS DE SU FAMILIA
mi madre se preocupa por mí
ALGUIEN MÁS DE SU FAMILIA SE PREOCUPA POR USTED
mi padre
SU PADRE

en algunos aspectos, usted es como mi padre
QUÉ PARECIDO ENCUENTRA
no es muy agresivo, pero no creo que sea eso lo que quiera escuchar
QUÉ LE HACE PENSAR QUE NO SOY MUY AGRESIVO
no discute conmigo
POR QUÉ CREE QUE NO DISCUTO CON USTED
me tiene miedo
LE AGRADA PENSAR QUE TENGO MIEDO DE USTED
es a mi padre a quien le agrada pensar que tengo miedo de él
QUE MÁS LE VIENE A LA CABEZA AL PENSAR EN SU PADRE
magnífico
TIENE ESO ALGO QUE VER CON EL HECHO DE QUE SU NOVIO LE HA HECHO VENIR AQUÍ

Evidentemente, estas respuestas sorprendentes —podría incluso calificarlas de «perceptivas»— por parte de la computadora están programadas de antemano. Pero también lo están las respuestas de los psicoterapeutas humanos. En una época en la que es cada vez mayor el número de personas de nuestra sociedad que necesitan ayuda psiquiátrica y en la que se utilizan las computadoras a tiempo compartido, puede imaginarse toda una red de terminales de computadoras psicoterapéuticas, algo así como hileras de cabinas telefónicas desde las que, por unos cuantos dólares por sesión, se podrá hablar con un psicoterapeuta atento, experimentado y fundamentalmente no directivo. Asegurar el carácter confidencial del diálogo psiquiátrico es uno de los temas principales en los que habrá que trabajar.

Otro exponente de los logros intelectuales de las máquinas está en los juegos. Algunas computadoras extraordinariamente sencillas —las que pueden construir niños espabilados de diez años— pueden incluso programarse para algunos juegos de críos. Con algunas computadoras se puede jugar a las damas al más alto nivel. Es evidente que el ajedrez es un juego mucho más complicado que los mencionados hasta ahora. En este caso, programar una máquina para ganar es más difícil todavía, habiéndose utilizado nuevas estrategias; incluso se han llevado a cabo intentos, con bastante éxito, para que una computadora aprenda de su propia experiencia acumulada en partidas de ajedrez previas. Las computadoras pueden aprender, por ejemplo, empíricamente la regla que hay que seguir al principio de la partida para poder controlar el centro del tablero y no la periferia. Los diez mejores jugadores de ajedrez del mundo todavía no tienen nada que temer de cualquier computadora existente. Pero la situación está cambiando. No hace mucho, una computadora logró clasificarse para el Torneo Abierto de Ajedrez del Estado de Minnesota. Puede que se trate de la primera vez que un no humano ha podido participar en una competición

deportiva de alto nivel en el planeta Tierra (y no puedo dejar de pensar en la posibilidad de que en la próxima década conozcamos algún robot golfista o bateador de béisbol, por no mencionar a ningún delfín de las carreras de natación). La computadora no ganó el Torneo Abierto de Ajedrez, pero por primera vez en la historia logró clasificarse para entrar en el campeonato. Las computadoras ajedrecísticas están mejorando muy rápidamente.

He oído hablar despectivamente de las máquinas (a veces incluso con un claro suspiro de alivio), por el hecho de que el ajedrez es un campo en el que los seres humanos todavía son superiores. Me recuerda mucho un conocido chiste en el que un extranjero queda pasmado ante la capacidad de un perro de jugar a las damas. El propietario de éste responde: «Bueno, no hay para tanto. Pierde dos partidas de cada tres». Una máquina capaz de jugar al ajedrez con resultados de tipo medio es una máquina muy capaz; incluso si hay miles de jugadores humanos mejores, hay millones que son peores. El juego del ajedrez requiere estrategia, perspicacia, capacidad de análisis y la habilidad de manejar una gran cantidad de variables, así como de aprender de la experiencia. Son cualidades excelentes en aquellas personas cuyo trabajo consiste en descubrir y explorar, así como en aquéllas en las que éste consiste en mirar al bebé o sacar a pasear al perro.

Con esta serie de ejemplos, más o menos representativos del nivel de desarrollo de la inteligencia de las máquinas, creo que queda claro que un gran esfuerzo, a lo largo de los próximos diez años, ha de traducirse en ejemplos mucho más sofisticados. Ésa es la opinión de la mayoría de los que trabajan con la inteligencia mecánica.

Al considerar la nueva generación de máquinas inteligentes, conviene distinguir entre robots autocontrolados y robots con control remoto. Un robot autocontrolado dispone de su inteligencia en su interior; un robot con control remoto dispone de ella en algún otro lugar y su eficacia depende de su buena comunicación con la computadora central. Evidentemente, también se dan casos intermedios en los que la máquina está parcialmente autoactivada y parcialmente dirigida por control remoto. Parece ser que esta mezcla de control remoto e *in situ* es la que ofrecerá, en un futuro próximo, una mayor eficacia.

Por ejemplo, se puede pensar en una máquina para la minería de los fondos marinos. Existen enormes cantidades de bolsas de manganeso desparramadas por las profundidades abisales. En un tiempo se creyó que habían sido producidos por la caída de meteoritos sobre la Tierra, pero en la actualidad se cree que se formaron en las gigantescas fuentes de manganeso a que ha dado lugar la actividad tectónica interna de la Tierra. En los fondos oceánicos podrían encontrarse muchos otros minerales escasos y valiosos para la industria. Hoy estamos en condiciones de diseñar aparatos capaces de navegar por encima del fondo o de arrastrase sobre él de forma

sistemática; capaces de llevar a cabo exámenes espectroscopios y otros exámenes químicos de los materiales de la superficie; capaces de enviar automáticamente por radio al barco o a tierra los resultados de sus hallazgos; y capaces de determinar la magnitud de depósitos especialmente valiosos —por ejemplo, mediante mecanismos de radio a baja frecuencia. La guía por radio conducirá entonces grandes máquinas extractoras a los lugares adecuados. El estado actual del desarrollo de sumergibles a grandes profundidades y de sensores ambientales para vehículos espaciales es del todo compatible con la construcción de esos tipos de máquinas. Lo mismo podría decirse de la perforación de pozos de petróleo en alta mar, de la minería del carbón y de otros minerales subterráneos, y así sucesivamente. Los beneficios económicos previsibles que reporten dichas máquinas no sólo amortizarán su construcción, sino el conjunto del programa espacial, en varias veces.

Cuando las máquinas deben afrontar situaciones especialmente difíciles, pueden programarse para reconocer aquellas situaciones que superen su capacidad y solicitar a los operadores humanos —a su vez en medios seguros y agradables— lo que tienen que hacer. Los ejemplos que acabamos de dar se refieren a máquinas básicamente autocontroladas. También es posible lo contrario y en este sentido se ha hecho un gran trabajo previo en el campo de la manipulación remota de sustancias altamente radiactivas en los laboratorios del Departamento de Energías de los EE.UU. A ese respecto, podemos imaginar la siguiente situación: un hombre conectado por radio a una máquina móvil. El operador se encuentra en Manila, por ejemplo, y la máquina en la fosa de Mindanao. El operador está conectado a una serie de relés electrónicos que transmiten y amplifican sus movimientos a la máquina y que pueden, al mismo tiempo, hacerle llegar lo que va descubriendo la máquina. Así, cuando el operador mueve su cabeza hacia la izquierda, las cámaras de televisión de la máquina giran hacia la izquierda y alrededor del operador aparece una gran pantalla hemisférica con la escena que descubren los focos y las cámaras de la máquina. Cuando el operador en Manila da unas zancadas hacia adelante, la máquina se mueve en las profundidades abisales unos pasos hacia adelante. Cuando el operador extiende su mano, el brazo mecánico de la máquina hace lo propio; y la precisión de la interacción hombre/máquina es tal que es posible lograr una precisa manipulación de los materiales del fondo oceánico mediante los dedos de la máquina. Con estas máquinas los seres humanos pueden penetrar en medios que siempre les han estado vedados.

En cuanto a la exploración de Marte, ya se han posado suavemente sobre ese planeta vehículos no tripulados y dentro de poco podrán vagar sobre la superficie del Planeta Rojo, de la misma manera que lo hacen ahora sobre la Luna. No estamos preparados todavía para una misión tripulada a Marte. A algunos de nosotros nos preocupan estas misiones, debido al peligro de llevar microbios terrestres a Marte o

de traer microbios marcianos, si es que existen, a la Tierra, pero también debido al enorme gasto que suponen. Los *Viking* que llegaron a Marte en el verano de 1976 depositaron sobre su superficie una serie de sensores y aparatos científicos, que suponen la extensión de los sentidos humanos a un entorno adverso.

El aparato que debe seguir al *Viking* en la exploración marciana y que debe sacar partido de la tecnología *Viking* es evidentemente un vehículo móvil *Viking* en el que el equivalente de un vehículo espacial completo *Viking*, aunque con una tecnología mejorada, se ponga sobre ruedas o sobre cadenas y permita desplazarse lentamente por el paisaje marciano. Pero nos encontramos ante un nuevo problema, uno que nunca había surgido al operar con máquinas en la superficie de la Tierra. Aun siendo Marte el segundo planeta más próximo a nosotros, está tan lejos de la Tierra que el tiempo que tarda la luz en llegar ya es importante. Estando la Tierra y Marte en posiciones relativas típicas, la distancia es de unos 20 minutos luz. Así, si el vehículo móvil tiene que superar una inclinación muy pronunciada, enviaría una pregunta a la Tierra. Cuarenta minutos más tarde le llegaría la respuesta, diciendo algo así como: «Por lo que más quieras, estate quieto». Pero para entonces, como es obvio, una máquina poco sofisticada se habría hundido en la miseria. Por consiguiente, todo vehículo móvil marciano necesita sensores de inclinación y de desnivel. Afortunadamente, ya se han fabricado y se pueden encontrar incluso en algunos juguetes. Cuando el vehículo se encuentra ante una pendiente muy inclinada o una grieta enorme, o bien se para y espera las instrucciones desde la Tierra en respuesta a su petición (y da imágenes televisivas del terreno), o bien da marcha atrás e inicia un recorrido distinto y más seguro.

En las computadoras a bordo de los vehículos espaciales de la década del 80 podrán construirse circuitos mucho más elaborados de decisión ante contingencias. Para objetivos más remotos, que serán explorados en un futuro más alejado, puede pensarse en controladores humanos, en órbita alrededor del planeta objeto de estudio, o en cualquiera de sus lunas. En la exploración de Júpiter, por ejemplo, me imagino a los operadores situados en alguna pequeña luna exterior a los intensos cinturones de radiación jovianos, controlando, sólo con unos segundos de retraso, las respuestas de un vehículo espacial que navegue por las densas nubes jovianas.

Los seres humanos también pueden estar en una interacción de ese tipo, si están dispuestos a dedicar tiempo a ello. Si cualquier decisión en la exploración marciana debe proceder de un controlador humano situado en la Tierra, el vehículo móvil sólo puede desplazarse a unos pocos pies por hora. Pero las escalas de tiempo de dichos vehículos son tan largas que unos pies por hora representan una velocidad de progreso perfectamente respetable. Sin embargo, si pensamos en expediciones a los confines del sistema solar —y, en última instancia, a las estrellas— aparecerá más claro que la inteligencia de máquinas autocontroladas irá adquiriendo una

responsabilidad cada vez mayor.

En el desarrollo de esas máquinas puede apreciarse una especie de evolución convergente. El *Viking*, en cierto sentido, es un insecto de grandes dimensiones, torpemente construido. Todavía no es ambulante y, evidentemente, es incapaz de auto-reproducirse. Pero dispone de un exoesqueleto, tiene una gran variedad de órganos sensoriales parecidos a los de un insecto y tiene la inteligencia de una libélula. Pero el *Viking* presenta una ventaja sobre los insectos: puede asumir, en algunas ocasiones, cuando se pone en contacto con sus controladores en la Tierra, la inteligencia de un ser humano —los controladores tienen la facultad de reprogramar la computadora del *Viking* sobre la base de las decisiones que toman.

A medida que avance la inteligencia mecánica y que los objetos distantes del sistema solar se hagan accesibles a la exploración, asistiremos al desarrollo de computadoras de a bordo cada vez más sofisticadas, que irán escalando lentamente el árbol filogenético, desde la inteligencia del insecto a la del cocodrilo y de ella a la de una ardilla, hasta la inteligencia de un perro, en un futuro, a mi entender, no muy remoto. Cualquier vuelo al sistema solar exterior debe disponer de una computadora capaz de determinar si trabaja correctamente. No se tendrá la posibilidad de ir a la Tierra a por alguien que la repare. La máquina tiene que ser capaz de notar cuándo está enferma y de convertirse en un médico competente de su propia enfermedad. Se necesita una computadora que pueda arreglar o cambiar componentes estructurales o de sensores que hayan dejado de funcionar en la computadora. Una computadora de esas características, que ha sido bautizada con el nombre de STAR (self-testing and repairing computer), está a punto de construirse. Utiliza componentes redundantes, como lo hace la biología —tenemos dos pulmones y dos riñones, en parte como protección ante una falla en el funcionamiento de cualquiera de ellos. Pero una computadora puede ser mucho más redundante que un ser humano, el cual dispone, por ejemplo, de una única cabeza y un único corazón.

Dada la exigencia en cuanto al peso que caracteriza la navegación espacial de larga distancia, se producirán presiones importantes con el fin de proseguir la miniaturización de las máquinas inteligentes. Es evidente que ya se han dado pasos importantes en ese sentido: los tubos de vacío han sido sustituidos por transistores, los circuitos con cables por los paneles de circuitos impresos y sistemas enteros de computadoras por microcircuitos de borde silíceo. En la actualidad, un circuito que llenaba un aparato de radio de 1930 puede grabarse en la cabeza de un alfiler. Prosiguiendo el desarrollo de máquinas inteligentes para su utilización en minería terrestre y exploración espacial, no tardará mucho en llegar la época en que puedan construirse industrialmente robots de uso casero. A diferencia de los robots antropomorfos que ha hecho clásicos la ciencia ficción, no parece haber ninguna razón para que esas máquinas se parezcan a un ser humano más de lo que se parece

una aspiradora. Se especializarán basándose en sus funciones. Pero existen muchas tareas comunes, desde despachar bebidas hasta limpiar suelos, que requieren capacidades intelectuales muy limitadas, aunque sí una buena dosis de resistencia y paciencia. Los robots domésticos ambulantes para todo uso, capaces de realizar todas las tareas domésticas con la misma efectividad que lo haría un mayordomo inglés del siglo XIX, posiblemente tarden bastantes décadas en llegar. Pero las máquinas más especializadas, cada una de ellas adaptada a una tarea doméstica concreta, aparecen ya en el horizonte.

Cabe dentro de lo posible imaginar muchas otras tareas cívicas y funciones esenciales de la vida cotidiana llevadas a cabo por máquinas inteligentes. A principios de los años 70, los basureros de Anchorage, Alaska, y también los de otras ciudades, lograron unos incrementos salariales que les garantizaban un sueldo de 20 000 dólares anuales. Es posible que las presiones económicas por sí solas induzcan el desarrollo de máquinas automáticas recogedoras de basura. Para que el desarrollo de robots domésticos y cívicos se convierta en un bien público general, será necesario, como es lógico, procurar a los seres humanos desplazados por los robots un trabajo alternativo; pero si el proceso dura toda una generación, no ha de suponer dificultades excesivas, especialmente si viene acompañado de reformas educativas. Los seres humanos disfrutan aprendiendo.

Parece ser que nos encontramos al borde del desarrollo de una profusa variedad de máquinas inteligentes capaces de realizar tareas demasiado peligrosas, demasiado costosas, demasiado onerosas o demasiado aburridas para los seres humanos. El desarrollo de esas máquinas es, en mi opinión, uno de los pocos subproductos legítimos del programa espacial. La explotación eficaz de la energía en la agricultura —de la que depende nuestra supervivencia en tanto que especie— puede que incluso sea contingente con el desarrollo de tales máquinas. El obstáculo principal parece ser un problema muy humano, el sentimiento silencioso que aparece furtiva y espontáneamente, según el cual hay algo misterioso o «inhumano» en las máquinas que realizan ciertas tareas tan bien o mejor que los seres humanos; o un sentimiento de aversión hacia las criaturas de silicio y germanio en lugar de proteínas y ácidos nucleicos. Pero en muchos aspectos nuestra supervivencia en tanto que especie depende de la superación de prejuicios primitivos como ése. En parte, nuestra adaptación a las máquinas inteligentes es una cuestión de aclimatación. Ya existen marcapasos cardíacos que pueden sentir el pulso del corazón humano; sólo cuando existe el menor indicio de fibrilación empieza el marcapasos a estimular el corazón. Es un tipo muy rebajado, pero muy útil, de inteligencia mecánica. No puedo concebir que el portador de un marcapasos pueda sentir reparos ante esa inteligencia. Creo que en un tiempo relativamente corto se producirá una muy parecida aceptación de las máquinas mucho más inteligentes y sofisticadas. No hay nada inhumano en la

máquina inteligente; en realidad, se trata de una expresión más de la soberbia capacidad intelectual que hoy poseen solamente los seres humanos, de entre todos los seres de nuestro planeta.

CAPÍTULO 21

PASADO Y FUTURO DE LA ASTRONOMÍA NORTEAMERICANA

> Es poco lo que se ha hecho, escasamente un inicio; y, sin embargo, es mucho comparado con el vacío total de hace un siglo. Y nuestros conocimientos, como puede intuirse fácilmente, parecerán a su vez la ignorancia más supina a aquellos que vengan detrás de nosotros. Sin embargo, no cabe despreciarlos, pues a través de ellos nos acercamos a tientas hasta alcanzar la orilla de la vestidura del Altísimo.
>
> AGNES M. CLERKE,
> *A Popular History of Astronomy*
> (Adam and Charles Black, Londres, 1893)

EL MUNDO HA CAMBIADO desde 1899, pero hay pocos campos que hayan cambiado tanto —en el desarrollo de los conocimientos fundamentales y en el descubrimiento de nuevos fenómenos— como la astronomía. He aquí unos cuantos títulos de artículos recientes publicados en las revistas científicas *The Astrophysical Journal* e *Icarus*: «G240-72: una nueva enana blanca magnética con polarización poco frecuente», «Estabilidad estelar relativista: efectos del sistema elegido», «Detección de metilamina interestelar», «Una nueva lista de 52 estrellas degeneradas», «La edad de Alfa Centauri», «¿Tienen acompañantes colapsados los "runaways" OB?», «Efectos finitos de alcance nuclear sobre el "Bremsstrahlung" de pares de neutrinos en las estrellas de neutrones», «Radiación gravitatoria del colapso estelar», «Búsqueda de una componente cosmológica del fondo de rayos X blandos en la dirección de M31», «La fotoquímica de los hidrocarburos en la atmósfera de Titán», «El contenido de uranio, torio y potasio en las rocas de Venus, medido por el *Venera* 8», «Emisión radio de HCN desde el cometa Kohoutek», «Brillo de radio e imagen de altitud de una parte de Venus» y «Atlas fotográfico de las lunas de Marte a partir del *Mariner 9*». Nuestros antepasados habrían sacado algo de provecho de esos títulos, pero su reacción principal hubiese sido la incredulidad.

Cuando me pidieron que presidiese el Comité para el 75.º aniversario de la Sociedad Astronómica de América en 1974, me pareció una buena oportunidad para ponerme al corriente del estado de nuestro tema a finales del siglo pasado. Me interesó saber dónde habíamos estado, dónde estamos ahora y, en la medida de lo posible, algo de adónde vamos. En 1897, el Observatorio Yerkes (por entonces contaba con el mayor telescopio del mundo) fue inaugurado oficialmente y con motivo de ello se celebró una reunión científica de astrónomos y astrofísicos. En 1898, tuvo lugar una segunda

reunión en el Observatorio del Harvard College, y una tercera en el Observatorio Yerkes, en 1899, época en la que se fundó oficialmente lo que hoy es la Sociedad Astronómica de América.

La astronomía de 1897 a 1899 parece haber sido vigorosa, combativa, dominada por algunas personalidades bien definidas y ayudada por tiempos de publicación muy cortos. El tiempo medio entre la entrega y la publicación de artículos en *Astrophysical Journal (ApJ.)* durante esa época parece haber sido más breve que en *Astrophysical Journal Letters* hoy. El hecho de que una gran mayoría de los artículos procediese del Observatorio Yerkes, lugar donde se publicaba la revista, puede haber tenido que ver con esa rapidez. La inauguración del Observatorio Yerkes en Williams Bay, Wisconsin —en su frontispicio aparece el año 1895—, se retrasó más de un año debido al hundimiento del suelo, que a punto estuvo de matar al astrónomo E. E. Barnard. El incidente se menciona en *ApJ.* (6:149), pero no aparece ningún indicio de negligencia. Sin embargo, en la revista inglesa *Observatory* (20:393) se habla claramente de construcción negligente y de presuntos arreglos para encubrir a los responsables. También descubrimos en la misma página del *Observatory* que la ceremonia de inauguración se retrasó unas semanas para acomodarse al plan de viaje de Mr. Yerkes, el barón donante. En *Astrophysical Journal* se dice que «*las ceremonias de inauguración tuvieron que posponerse desde el 1.º de octubre de 1897*», pero no se especifica la razón.

Ap.J. fue editado por George Ellery Hale, el director del Observatorio Yerkes, y por James E. Keeler, quien en 1898 fue nombrado director del Observatorio Lick, en Mount Hamilton (California). Sin embargo, *Ap.J.* debía estar dominado por Williams Bay, posiblemente porque el Observatorio Lick dominaba *Publications*, de la Sociedad Astronómica del Pacifico *(PASP)*, por la misma época. En el volumen 5 de *Astrophysical Journal* no hay menos de trece fotografías del Observatorio Yerkes, incluida una de la central eléctrica. Las primeras cincuenta páginas del volumen 6 cuentan con otra docena más de fotografías del Observatorio Yerkes. La dominación del Este en la Sociedad Astronómica de América también se refleja en el hecho de que el primer presidente de la Sociedad Astrofísica y Astronómica de América fue Simon Newcomb, del Observatorio Naval de Washington, y los primeros vicepresidentes, Young y Hale. Los astrónomos de la costa Oeste se quejaban de las dificultades que suponía desplazarse hasta Yerkes para la tercera conferencia de astrónomos y astrofísicos, y parecen haber hecho pública alguna manifestación de júbilo por el hecho de que las demostraciones previstas con el telescopio de refracción de 40 pulgadas de Yerkes tuvieran que posponerse debido al mal tiempo. Ése es el nivel máximo de rencor entre observatorios que puede encontrarse en cualquiera de las revistas.

Por aquella época, *Observatory* tenía un fino olfato para la murmuración

astronómica. Por *Observatory* nos enteramos que en el Observatorio Lick se había declarado una «guerra civil» y que se desató un «escándalo» relacionado con Edward Holden (el director anterior a Keeler), de quien se dijo que había permitido la presencia de ratas en el agua potable de Mount Hamilton. También publicó una historia sobre una explosión química de prueba que estaba prevista en la zona de la Bahía de San Francisco y controlada desde un aparato sísmico situado en Mount Hamilton. En el momento indicado, nadie, excepto Holden, logró advertir algún tipo de deflexión de la aguja; rápidamente Holden envió un mensajero montaña abajo para hacer conocer al mundo la gran sensibilidad del sismógrafo de Lick. Pero muy pronto llego a la cima de la montaña *otro* mensajero con la noticia de que había sido suspendida la prueba. Volvió a despacharse nuevamente otro mensajero para alcanzar al primero y, según las referencias de *Observatory*, la turbación del Observatorio Lick fue advertida por muy pocos.

La juventud de la astronomía norteamericana de ese período queda reflejada elocuentemente en el orgulloso anuncio de 1900 según el cual el Departamento de Astronomía de Berkeley se independizaba desde entonces del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de California. En un estudio realizado por el Profesor George Airy, que más tarde fue Astrónomo Real Británico, éste se lamentaba de ser incapaz de hablar de astronomía en América en 1832, básicamente porque no había nada. No hubiese podido decir lo mismo en 1899.

En estas revistas no aparecen prácticamente referencias a la intromisión de la política externa (en el sentido de no académica), excepto en el caso de la designación, por parte del Presidente McKinley, de T. J. J. See como profesor de matemáticas de la U.S. Navy y en una persistente frialdad en los debates científicos entre el personal del Observatorio Lick y el de los Observatorios de Potsdam (Alemania).

También pueden advertirse algunos signos de las actitudes imperantes en los años de 1890. Por ejemplo, en la descripción de una expedición para observar un eclipse desde Siloam, Georgia, el 28 de mayo de 1900, se dice: «*Incluso algunos de los blancos carecían de un profundo conocimiento de las cosas relacionadas con un eclipse. Muchos creían que era un espectáculo para ganar dinero; una pregunta muy importante, y formulada con frecuencia, era la de cuánto dinero pensaba pedir en concepto de entrada. Otra idea era la de que el eclipse sólo podía observarse desde mi observatorio… Quiero expresar aquí mi consideración por el elevado tono moral de la comunidad ya que, con una población de sólo 100 personas, incluidos los alrededores, consta de 2 blancos y 2 iglesias de color y durante mi estancia no oí una sola palabra profana… En tanto que yanqui no sofisticado presente en el Sur, poco habituado a las formas de hacer sureñas, cometí algunos deslices que no fueron considerados como "exactamente la cosa". Las sonrisas que se dibujaban cuando anteponía la palabra "Mr." al nombre de mi ayudante de color hicieron que tuviese*

que cambiarla por la de "Coronel", que era de entera satisfacción para todo el mundo».

Un conjunto de visitantes fue designado para resolver algunos problemas (nunca hechos públicos) relacionados con el Observatorio Naval de los Estados Unidos. El informe de ese grupo —compuesto por dos oscuros senadores y los profesores I. Edward, C. Pickering, George C. Comstock y Hale— es interesante, pues menciona cantidades de dólares. Encontramos que los costos anuales de mantenimiento de los principales observatorios del mundo eran: Observatorio Naval, 85 000 dólares; Observatorio de París, 53 000 dólares; Observatorio de Greenwich (Inglaterra), 49 000 dólares; Observatorio de Harvard, 46 000 dólares y Observatorio de Pulkovo (Rusia). 36 000 dólares. Los salarios de los dos directores del Observatorio Naval de los Estados Unidos eran de 4000 dólares cada uno y en el Observatorio de Harvard de 5000 dólares. El distinguido conjunto de visitantes recomendó que «*dentro de una planificación de salarios que previsiblemente atrajese a astrónomos de la clase deseada*», el salario de los directores de los observatorios debería ser de 6000 dólares. En el Observatorio Naval, los calculistas (exclusivamente humanos por entonces) percibían 1200 dólares anuales, pero en el Observatorio de Harvard sólo 500 dólares anuales, y la mayoría eran mujeres. De hecho, todos los salarios de Harvard excepto el del director eran significativamente menores que los del Observatorio Naval. El comité afirmó: «*La gran diferencia de salarios entre Washington y Cambridge, especialmente en el caso de los funcionarios de menor grado, posiblemente sea insalvable. En parte, se debe a las Leyes del Servicio Civil*». Un signo adicional de la inopia astronómica es el anuncio de un puesto de trabajo en Yerkes como «ayudante voluntario de investigación», sin remuneración prevista, pero, según el anuncio, capaz de proporcionar una buena experiencia a estudiantes con títulos superiores.

Entonces como ahora, la astronomía estaba acosada por los «aficionados a las paradojas», que siempre proponían ideas peregrinas o chifladas. Uno propuso un telescopio con noventa y una lentes en serie como alternativa a un telescopio con un número menor de lentes de mayor apertura. Durante ese período, los británicos tuvieron una plaga similar, aunque quizás algo más moderada. Por ejemplo, una nota necrológica aparecida en *Monthly Notices*, de la Royal Astronomical Society (59:226), referente a Henry Perigal, nos informa que el finado habla celebrado su noventa y cuatro aniversario siendo admitido en la Institución Real, aunque habla sido elegido miembro adjunto de la Royal Astronomical Society en 1850. Sin embargo, «*nuestras publicaciones no recogen ningún artículo salido de su pluma*». La nota describe «*la forma notable cómo el encanto de la personalidad de Mr. Perigal le hizo ganar un lugar que hubiera podido parecer inalcanzable para un hombre con sus puntos de vista; pues no cabe ocultar que era pura y simplemente un aficionado a la paradoja, ya que estaba profundamente convencido de que la Luna*

no giraba sobre sí misma, siendo su objetivo astronómico principal el convencer a los demás, especialmente a los jóvenes no endurecidos en la creencia contraria, de su grave error. A tal fin hizo diagramas, construyó modelos y escribió poemas, soportando con heroica entereza el continuo contratiempo de que nada de ello le sirviese de aval. Sin embargo, realizó un trabajo excelente al margen de esta desafortunada incomprensión».

El número de astrónomos norteamericanos durante ese período era muy pequeño. Las reglas de la Sociedad Astronómica y Astrofísica de América exigían para su constitución un quórum de veinte miembros. En el año 1900 sólo existían en los Estados Unidos nueve doctores en astronomía. En ese mismo año se otorgaron cuatro doctorados: dos en la Universidad de Columbia, G. N. Bauer y Carolyn Furness; uno en la Universidad de Chicago, Forest Ray Moulton; y uno en la Universidad de Princeton, Henry Morris Russell.

Una idea de lo que por entonces se consideraba un trabajo científico importante la pueden dar los premios que se otorgaban. E. E. Barnard recibió la Medalla de Oro de *la Royal Astronomical Society* en parte por el descubrimiento de la luna joviana Júpiter 5 y por sus fotografías astronómicas con una máquina de retratar. Sin embargo, el vapor que le conducía se vio envuelto en una tormenta en el Atlántico, no logrando llegar a tiempo para la ceremonia. Necesitó varios días para recuperarse de la tormenta, razón por la cual la hospitalidad de la RAS le ofreció una segunda cena. Al parecer, el discurso de Barnard debió ser espectacular, llegando a utilizar un medio audiovisual de reciente creación, el proyector de diapositivas.

A propósito de una de sus fotografías de la región de la Vía Láctea próxima *a Theta Ophiuchus*, puntualizó que «*todo el fondo de la Vía Láctea… presenta un substrato de materia nebulosa*» (mientras tanto, H. K. Palmer afirmaba no encontrar nebulosidad en sus fotografías del cúmulo globular M13). Barnard, que era un excelente observador visual, planteó serias dudas a la concepción de Percival Lowell de un planeta Marte habitado y repleto de canales. En la respuesta de agradecimiento a Barnard por su discurso, el presidente de la *Royal Astronomical Society*, sir Robert Ball, manifestó su inquietud por ello diciendo que, a partir de entonces, «*debería considerar los canales con cierta prevención y no sólo eso, también los mares (de Marte, las áreas oscuras) habían quedado parcialmente en entredicho. Tal vez las experiencias recientes en el Atlántico de nuestro invitado puedan explicar algo de esta desconfianza*». Las ideas de Lowell no encontraban entonces demasiado eco en Inglaterra, como se hacía saber también en *Observatory*. Respondiendo a una pregunta sobre los libros que más le habían gustado e interesado en 1896, el profesor Norman Lockyer respondió: «*Marte*, de Percival Lowell y *Sentimental Tommy*, de J. M. Barrie *(no requieren tiempo para leerlos con seriedad).*»

Los premios de astronomía otorgados en 1898 por la *Academie Francaise*

correspondieron a Seth Chandler, por el descubrimiento de la variación de la latitud; a Belopolsky, en parte por sus estudios sobre las estrellas binarias espectroscópicas; y a Schott, por su trabajo sobre el magnetismo terrestre. Hubo también un concurso en el que se premió el mejor tratado sobre «la teoría de las perturbaciones de Hiperión», una de las lunas de Saturno. Según las referencias, «*el único ensayo presentado fue el del Dr. G. W. Hill, de Washington, a quien le fue otorgado el premio*».

La Medalla Bruce de la Sociedad Astronómica del Pacifico fue otorgada al Dr. Arthur Auwers, de Berlín, en 1899. En el discurso con motivo de la concesión se decía lo siguiente: «*En la actualidad Auwers se sitúa a la cabeza de la astronomía alemana. Su persona plasma el tipo más completo de investigador de nuestro tiempo, posiblemente mejor desarrollado en Alemania que en cualquier otro país. El trabajo de hombres de este estilo se caracteriza por una investigación cuidadosa y concienzuda, una infatigable actividad en la acumulación de datos, prudencia al proponer nuevas teorías o explicaciones y, por encima de todo, la ausencia de todo esfuerzo por conseguir el reconocimiento de los demás, siendo el primero en llevar a cabo un descubrimiento*». En 1899, la Medalla de Oro Henry Draper de la Academia Nacional de Ciencias fue otorgada por primera vez en siete años. La obtuvo Keeler. En 1898, Brooks, cuyo observatorio se encontraba en Geneva, New York, anunció el descubrimiento de su vigésimo primer cometa —del que Brooks dijo que le permitía «alcanzar su mayoría de edad». Poco después le fue concedido el Premio Lalande de la *Academie Francaise* por su plusmarca de planetas descubiertos.

En 1897, a raíz de una importante exposición en Bruselas, el gobierno belga ofreció unos premios por la solución de varios problemas astronómicos. Entre esos problemas figuraba el del valor numérico de la aceleración producida por la gravedad en la Tierra, el de la aceleración secular de la Luna, el movimiento global del sistema solar a través del espacio, la variación de la latitud, la fotografía de las superficies planetarias y la naturaleza de los canales de Marte. Un último tema consistía en el invento de un método para la observación de la corona solar en ausencia de eclipse. *Monthly Notices* (20:145) comentaba: «*…si este premio en metálico induce a alguien a resolver este último problema o, de hecho, cualquiera de ellos, el dinero estará bien gastado*».

Sin embargo, al leer los artículos científicos de la época, da la impresión de que el foco de interés se había desplazado hacia otros temas distintos de los propuestos para los premios. Sir William y lady Huggins hicieron unas experiencias de laboratorio que indicaban que a presiones bajas el espectro de emisión del calcio presentaba sólo las rayas llamadas H y K. La conclusión que sacaron es la de que el Sol estaba compuesto principalmente por hidrógeno, helio, «coronio» y calcio. Huggins había establecido previamente una secuencia espectral de las estrellas, que consideraba evolutiva. La influencia de Darwin en las ciencias era muy intensa por aquella época

y, entre los astrónomos norteamericanos, el trabajo de T. J. J. See estaba especialmente impregnado de una perspectiva darwiniana. Resulta interesante comparar la secuencia espectral de Huggins con los tipos espectrales de Morgan-Keenan, utilizados en la actualidad:

Aquí puede verse el origen de los términos «inicial» y «final» referidos a los tipos espectrales, hecho que refleja el espíritu darwiniano de la ciencia de la última época victoriana. Queda claro que aquí se trata de una gradación de tipos espectrales y se sientan los inicios —posteriormente desarrollados a través del diagrama de Hertzsprung-Russell— de las modernas teorías de la evolución estelar.

Secuencia espectral estelar de Huggins

Orden de edad creciente	**Estrella (y tipo espectral moderno entre paréntesis)**	
Joven	Sirio (A1V)	Vega (A0V)
	.....	
	.....	
	Altair (A7 IV-V)	
	Rigel (B8Ia)	
	Deneb (A2Ia)	
	.....	
	.....	
	Capela (G8, G0)	Sol (G0)
	Arturo (K1 III)	
	Aldebarán (K5 III)	
Vieja	Betelgeuse (M2 I)	

Nota: La secuencia espectral estelar moderna va desde tipos espectrales «iniciales» a «finales», como O, B, A, F, G, K, M. Huggins acertó casi plenamente.

Durante esa época se produjeron avances fundamentales en física, y los lectores de *ApJ*. eran informados de ellos gracias a la reimpresión de resúmenes de artículos importantes. Las experiencias seguían realizándose conforme a las leyes básicas de la radiación. En algunos artículos, el nivel de elaboración física no era de gran calibre como por ejemplo, en un artículo aparecido en *PASP* (11:18) en el que se calcula el momento lineal de Marte como el producto de la masa del planeta por la velocidad lineal de la superficie. Finalizaba diciendo que «*el planeta, exceptuando el casquete, tiene un momento de 183 y 3/8 septillones de pies-libras*». Evidentemente, la notación potencial de los grandes números no estaba muy difundida.

En esa misma época se publican las curvas de luz visuales y fotográficas de, por ejemplo, las estrellas de M5, así como los resultados de las experiencias con filtros fotográficos realizadas por Keeler con Orión. Un tema muy interesante era el de la evolución temporal en astronomía, que debió generar por aquel entonces tanto entusiasmo como lo producen hoy los púlsares, los quásares y las fuentes de rayos X.

Se publicaron muchos estudios sobre las velocidades variables en la línea de visión, a partir de las cuales se dedujeron las órbitas de las binarias espectroscópicas, así como las variaciones periódicas de la velocidad aparente de *Omicron Ceti*, a partir del corrimiento Doppler de la raya H gamma y otras rayas espectrales.

Ernest F. Nichols hizo las primeras mediciones en infrarrojo de estrellas en el Observatorio Yerkes. En el estudio se concluye: «*No recibimos de Arturo más calor del que nos proporcionaría una vela a una distancia de 5 ó 6 millas*». No se proporciona ningún otro cálculo. Las primeras observaciones experimentales de la opacidad infrarroja del anhídrido carbónico y del vapor de agua las realizaron en esa época Rubens y Aschkinass, quienes descubrieron básicamente la fundamental del anhídrido carbónico a 15 micras y el espectro de rotación puro del agua.

Existe una espectroscopia fotográfica preliminar de la Nebulosa de Andrómeda realizada por Julius Scheiner en Potsdam, Alemania, de la que deduce correctamente que «*la sospecha previa de que las nebulosas espirales son cúmulos estelares se ha elevado al rango de certeza*». A modo de ejemplo del grado de crítica personal tolerado en ese tiempo, podría citarse el siguiente párrafo de un artículo de Scheiner en el que se critica a W. W. Campbell: «*En el número de noviembre del Astrophysical Journal, el profesor Campbell ataca, con gran indignación, algunas de mis observaciones críticas sobre sus descubrimientos… Esa sensibilidad es tanto más sorprendente cuanto que se da en alguien muy dado a censurar severamente a los demás. Es más, un astrónomo que observe con frecuencia fenómenos que otros no pueden ver, y es incapaz de ver aquellos que otros ven, debe mostrarse dispuesto a ver contestadas sus opiniones. Si, como se lamenta el profesor Campbell, he dado un único ejemplo para fundamentar mi opinión, es porque la cortesía me impedía añadir otro. A saber, que el profesor Campbell no puede percibir las rayas del vapor de agua del espectro de Marte que fueron observadas por Huggins y Vogel en primer lugar y, después de que Mr. Campbell pusiera en duda su existencia, fueron observadas e identificadas con plena certeza por el Profesor Wilsing y por mí mismo*». La cantidad de vapor de agua en la atmósfera marciana de la que hoy se tiene conocimiento hubiese sido imposible de detectar con los métodos espectroscópicos en uso en aquella época.

La espectroscopia constituía un elemento dominante en la ciencia de finales del siglo XIX. *Ap. J.* iba publicando el espectro solar de Rowland, que abarcaba 20 000 longitudes de onda, cada una de ellas con siete cifras significativas. Publicó también una importante reseña necrológica de Bunsen. Da vez en cuando, los astrónomos quedaban maravillados ante la extraordinaria naturaleza de sus descubrimientos: «*Es sencillamente increíble que la débil luz centelleante de una estrella pueda ser tal que produzca ese registro autográfico de sustancia y condición del astro inconcebiblemente alejado*». Un tema importante de debate en *Astrophysical Journal*

era el de si los espectros debían presentarse con el rojo a la izquierda o hacia la derecha. Los partidarios del rojo a la izquierda mencionaban la analogía del piano (en el que las frecuencias elevadas están a la derecha), pero *Ap. J.* optó resueltamente por el rojo a la derecha. Quedaba un cierto margen para llegar a un compromiso sobre si el rojo tenía que escribirse en la parte superior o en la inferior, en las listas de longitudes de onda. Los ánimos se encresparon y Huggins llegó a escribir que «*cualquier cambio… sería poco menos que intolerable*". Pero *Ap. J.* acabó imponiéndose.

Otra discusión importante de aquel período versaba sobre la naturaleza de las manchas solares. G. Johnstone Stoney propuso que se debían a una capa de nubes condensadas en la fotosfera del Sol. Pero Wilson y Fitz-Gerald pusieron la objeción de que no se podían concebir condensaciones a esas temperaturas tan elevadas, a menos que fuesen de carbono. En lugar de ello sugirieron, de forma muy vaga, que las manchas solares se debían a «la reflexión por flujos convectivos de gas». Evershed tuvo una idea más ingeniosa; era de la opinión de que las manchas solares eran agujeros en la fotosfera exterior del Sol, que nos permitían ver profundidades mayores y más calientes. Pero, ¿por qué son negras? Propuso que toda la radiación estaba corrida del espectro visible al ultravioleta inaccesible. Evidentemente, todo esto se discutía antes de que se entendiese la distribución de Planck de la radiación de un cuerpo caliente. En esa época no se creía imposible que las distribuciones espectrales de los cuerpos negros de distintas temperaturas se cruzasen entre sí; de hecho, algunas curvas experimentales de entonces ponían de manifiesto esa propiedad —producida, como sabemos ahora, por las diferencias en las capacidades de emisión y absorción.

Ramsay acababa de descubrir el elemento kriptón, del que se decía que presentaba catorce rayas espectrales detectables, una de ellas a 5570 angstroms, coincidente con «la raya principal de la aurora». E. B. Frost dedujo: «*Así, parece ser que el verdadero origen de la hasta ahora perturbadora raya ha sido descubierto*». Más adelante quedó establecido que se debía al oxígeno.

Se publicaron muchos artículos sobre diseño de instrumentos, siendo uno de los más interesantes uno de Hale. En enero de 1897 sugirió que se necesitaban tanto los telescopios refractores como los reflectores, pero advertía que se estaba produciendo una cierta tendencia hacia los reflectores, en concreto hacia los telescopios coudé ecuatoriales. En una memoria histórica, Hale menciona que el Observatorio Yerkes disponía de una lente de 40 pulgadas por la sencilla razón de que un plan previo de construcción de un gran refractor cerca de Pasadena, California, había sido cancelado. Me pregunto cuál hubiese sido la historia de la astronomía caso de no haberse cancelado dicho plan. Resulta curioso, pero Pasadena parece haberse ofrecido a la Universidad de Chicago para situar allí el Observatorio Yerkes. Hubiese

sido un gran viraje para 1897.

A finales del siglo XIX, los estudios acerca del sistema solar exhibían la misma mescolanza de promesas futuras y confusión habitual que los trabajos relacionados con las estrellas. Uno de los artículos más sobresalientes de la época, debido a Henry Norris Russell, lleva por título «La atmósfera de Venus». Se trata de una discusión sobre la extensión de los cuernos de Venus creciente, basada parcialmente en las observaciones del propio autor con el telescopio *buscador* de 5 pulgadas del «gran ecuatorial» del Observatorio Halsted en Princeton. Tal vez el joven Russell no se encontraba todavía totalmente a sus anchas manejando telescopios mayores en Princeton. La esencia del análisis es correcta a la luz de los conocimientos actuales. Russell dedujo que la refracción de la luz solar no era la causante de la extensión de los cuernos y que la causa habla que buscarla en la difusión de la luz solar: «*…la atmósfera de Venus, como la nuestra, contiene en suspensión partículas de polvo o niebla de algún tipo y… lo que vemos es la parte superior de esa atmósfera brumosa, iluminada por los rayos que han pasado cerca de la superficie del planeta*». Más adelante afirma que la superficie aparente puede ser una densa capa de nubes. La altura de la bruma se calcula en 1 km aproximadamente por encima de lo que ahora llamaríamos el estrato de nubes principal, un número que concuerda con la fotografía del limbo hecha por el vehículo espacial *Mariner 10*. Russell pensaba, basándose en los trabajos de los demás, que existían indicios espectroscópicos de la existencia de vapor de agua y oxígeno en la tenue atmósfera de Venus. Pero la esencia de su argumento ha resistido francamente bien los embates del tiempo.

William H. Pickering descubría Foebe, el satélite más exterior de Saturno, y Andrew E. Douglass, del Observatorio Lowell, publicaba sus observaciones de Júpiter 3, que le inducían a afirmar que éste gira sobre sí mismo en una hora menos que su período de revolución, conclusión incorrecta en una hora.

Otros que se dedicaron a determinar períodos de rotación no tuvieron tanto éxito. Por ejemplo, un tal Leo Brenner observaba desde el Observatorio Manora, en un lugar llamado Lussinpiccolo. Brenner criticó duramente la estimación efectuada por Percival Lowell del período de rotación de Venus. Brenner comparaba dos dibujos de Venus en luz blanca hechos por dos personas distintas con una diferencia de tiempo de cuatro años; de ahí dedujo un período de rotación de 23 horas, 57 minutos y 36,37728 segundos, período que se correspondía con el significado de sus dibujos «más precisos». Por eso Brenner consideraba incomprensible que alguien fuese todavía partidario del período de rotación de 224,7 días y deducía que «*un observador con poca experiencia, un telescopio poco adecuado, un ocular mal escogido, el pequeñísimo diámetro del planeta, observado con una potencia insuficiente, y una declinación baja, todos estos factores explicaban los peculiares*

dibujos de Mr. Lowell». Como es evidente, la verdad no se encuentra entre los extremos de Lowell y Brenner, sino del otro lado de la escala, con un signo menos: un período retrógrado de 243 días.

En otra comunicación, herr Brenner afirma: «*Caballeros: Tengo el honor de informarles que la Sra. Manora ha descubierto una nueva división del sistema de anillos de Saturno*», de lo que deducimos que existe una cierta Sra. Manora en el Observatorio Manora en Lussinpiccolo y que lleva a cabo observaciones junto a herr Brenner. A continuación describe la igual importancia de las divisiones de Encke, Cassini, Antoniadi, Struve y Manora. Tan solo las dos primeras han superado la prueba del tiempo. Herr Brenner parece haberse desvanecido con las nieblas del siglo XIX.

En la segunda conferencia de astrónomos y astrofísicos celebrada en Cambridge se presentó un trabajo con la «sugerencia» de que la rotación de los asteroides, caso de darse, podía deducirse de una curva de luz. Pero no se pudo encontrar ninguna variación del brillo con el tiempo y Henry Parkhurst sentenció: «*Creo que se puede desechar tranquilamente la teoría*». En la actualidad, se considera piedra de toque de los estudios sobre asteroides.

En una discusión acerca de las propiedades térmicas de la Luna, realizada al margen de la ecuación unidimensional de la conducción térmica, basada en mediciones de laboratorio sobre la emisividad, Frank Very dedujo que una temperatura lunar típica de día es de unos 100° C, exactamente la respuesta acertada. Vale la pena citar textualmente: «*Sólo el más horrible de los desiertos terrestres donde la arena incandescente levanta ampollas en la piel y los hombres, los animales y los pájaros caen muertos, logra aproximarse a la superficie sin nubes de nuestro satélite a mediodía, solo las latitudes polares más extremas pueden tener una temperatura soportable de día y, ni que decir tiene, que tendríamos que convertirnos en trogloditas para resistir, de noche, el intensísimo frío*». Algunos estilos de exposición son muy particulares.

A principios de la década, Maurice Loewy y Pierre Puiseux, del Observatorio de París, habían publicado un atlas de fotografías lunares, cuyas consecuencias teóricas fueron discutidas en *Ap. J.* (5:51). El grupo de París propuso una nueva teoría volcánica sobre el origen de los cráteres lunares, arroyos y otras formas topográficas, teoría que posteriormente fue criticada por E. E. Barnard, después de haber examinado el planeta con el telescopio de 40 pulgadas. A su vez, Barnard fue criticado por la *Royal Astronomical Society*, y así sucesivamente. Uno de los argumentos de ese debate era de una simplicidad decepcionante: los volcanes producen agua; no hay agua en la Luna; por tanto, los cráteres lunares no son volcánicos. Aun cuando la mayoría de los cráteres lunares no son volcánicos, ese no

es un argumento convincente, ya que pasa por alto la posibilidad de depósitos de agua. Las conclusiones de Very acerca de la temperatura de los polos lunares podrían haber servido para algo más. Allí, el agua se congela a partir de la escarcha. La otra posibilidad es que el agua pueda escaparse de la Luna y fluya hacia el espacio.

Este hecho fue reconocido por Stoney en un notable artículo titulado «De las atmósferas en planetas y satélites». Dedujo que no podía existir atmósfera en la Luna debido a la gran facilidad de escape de los gases al espacio, a causa de la baja gravedad lunar, ni cualquier construcción importante de los gases más ligeros, hidrógeno y helio, en la Tierra. Estaba convencido de que no existía vapor de agua en la atmósfera de Marte y de que ésta y los casquetes eran posiblemente de dióxido de carbono. Dedujo que cabría esperar hidrógeno y helio en Júpiter y que Tritón, la luna mayor de Neptuno, podía tener una atmósfera. Cada una de esas conclusiones está de acuerdo con los descubrimientos u opiniones actuales. También dedujo que Titán no debía tener aire, una predicción con la que están de acuerdo algunos teóricos modernos, aunque Titán parece tener otro punto de vista al respecto (ver capítulo 13).

A lo largo de ese período, se producen también algunas especulaciones más que sorprendentes, como la propuesta del Rev. J. M. Bacon en el sentido de que valdría la pena llevar a cabo observaciones astronómicas desde grandes altitudes, desde un globo libre, por ejemplo. Sugirió que, por lo menos, tendría dos ventajas: mejor visión y espectroscopia ultravioleta. Más adelante, Goddard propondría pruebas parecidas desde observatorios instalados en cohetes (capitulo 18).

Hermann Vogel había encontrado previamente, por espectroscopia ocular, una banda de absorción de 6183 Å en el cuerpo de Saturno. Posteriormente, la *International Color Photo Company* de Chicago obtuvo unas placas fotográficas de tanta calidad que en estrellas de magnitud cinco podían detectarse longitudes de onda tan largas como la raya H alfa en el rojo. La nueva emulsión se utilizó en Yerkes, y Hale explicó que no aparecía por ningún lado la banda de 6183 Å en los anillos de Saturno. Hoy se sabe que la banda se encuentra a 6190 Å y se trata de la $6\nu_3$ del metano.

Otro tipo de reacción a los escritos de Percival Lowell aparece en el discurso de James Keeler en la inauguración del Observatorio Yerkes:

> Es de lamentar que la habitabilidad de los planetas, tema sobre el que los astrónomos afirman no conocer demasiado, se haya elegido como motivo de inspiración del novelista, para quien la distancia entre habitabilidad y habitantes es muy pequeña. El resultado de esa ingenuidad es que lo real y lo ficticio quedan indisolublemente unidos en la mente del profano, quien aprende a considerar la comunicación con los habitantes de Marte como un proyecto que merece ser considerado seriamente (por el que incluso puede desear dar dinero a ciertas sociedades científicas), desconociendo que dicho proyecto es una

> extravagancia para los mismos hombres cuyo trabajo ha excitado la imaginación del novelista. Cuando [el profano] alcanza a comprender el verdadero estado de nuestros conocimientos en esos temas, queda muy desilusionado y con un cierto resentimiento hacia la ciencia, como si ésta le hubiese sido impuesta. La ciencia no es la responsable de esas ideas erróneas que, al no disponer de una base sólida, gradualmente van desvaneciéndose y siendo olvidadas.

El discurso de Simon Newcomb en esa ocasión contiene algunas observaciones un tanto idealistas, pero de interés general para el empeño científico:

> ¿Se ve motivado el hombre hacia la exploración de la Naturaleza por una pasión insuperable, para ser más envidiado o compadecido? En ninguna otra empresa consigue tanta certeza aquel que la merece. Ninguna vida es tan agradable como la de quien dedica sus energías a seguir los impulsos interiores de la propia personalidad. El investigador de la verdad está poco sujeto a las desilusiones que encuentra el ambicioso en otros campos de actividad. Es agradable pertenecer a esa hermandad que se extiende por todo el mundo en la que no existe la rivalidad, excepto la que se produce al intentar hacer un trabajo mejor que el de los demás, mientras que la admiración mutua cierra el camino a los celos… Así como el capitán de una industria se ve estimulado por el amor a la riqueza y el político por el amor al poder, el astrónomo se ve estimulado por el amor al conocimiento en sí mismo y no por sus posibles aplicaciones. Y se muestra orgulloso de saber que su ciencia tiene más valor para la humanidad que el coste de ella. Se da cuenta de que el hombre no puede vivir solamente de pan. Y si no es más que pan el conocer el lugar que ocupamos en el universo, sin lugar a dudas es algo que tendríamos que colocar muy cerca de los medios de subsistencia.

Después de leer las publicaciones astronómicas de hace tres cuartos de siglo, he sentido la tentación irresistible de imaginar cómo será la reunión del 150° aniversario de la Sociedad Astronómica de América —o cualquiera que sea el nombre que haya adoptado por entonces— y de anticipar como será enjuiciado nuestro trabajo actual.

Al recorrer la literatura de finales del siglo XIX nos hacen sonreír algunos de los debates en torno a las manchas solares y nos impresiona el hecho de que el efecto Zeeman no fuese considerado como una curiosidad de laboratorio sino como algo a lo que los astrónomos debían dedicar una considerable atención. Esas dos madejas se entremezclaron unos años más tarde con el descubrimiento, por parte de G. E. Hale, de campos magnéticos de gran intensidad en las manchas solares.

De la misma manera, encontramos innumerables artículos en los que se asume la

existencia de una evolución estelar, aunque su naturaleza permaneciera desconocida, en la que la contracción gravitatoria de Kelvin-Helmholtz era la única posible fuente de energía considerada en las estrellas, siendo así que la energía nuclear quedaba por descubrir. Pero al mismo tiempo, y a veces en el mismo volumen de *Astrophysical Journal*, se hacen referencias al curioso trabajo sobre radiactividad que estaba llevando a cabo en Francia un científico llamado Becquerel. Nuevamente aparecen aquí dos madejas aparentemente independientes que van creciendo durante esos años, y que están destinadas a entremezclarse cuarenta años más tarde.

Existen muchos otros ejemplos relacionados; por ejemplo, en la interpretación de series de espectros de elementos distintos del hidrógeno obtenidas con el telescopio y las buscadas en el laboratorio. La nueva física y la nueva astronomía eran aspectos complementarios de una ciencia que estaba naciendo, la astrofísica.

En consecuencia, parece lógico pensar que muchos de los debates actuales más profundos —por ejemplo, sobre la naturaleza de los quásares, o las propiedades de los agujeros negros o la geometría de emisión de los púlsares— están abocados a entremezclarse con nuevos avances de la física. Si la experiencia de lo ocurrido hace setenta y cinco años puede servirnos de algo, hay poca gente en la actualidad que intuya mínimamente qué física ha de unirse a qué astronomía. Y unos años más tarde, esa conexión se considerará evidente.

En la literatura astronómica del siglo XIX encontramos también una serie de casos en los que los métodos de observación o sus interpretaciones no tienen nada que ver con lo aceptado en la actualidad. Uno de los peores ejemplos es el de la deducción de períodos planetarios con diez cifras significativas a base de la comparación de dos dibujos realizados por personas distintas, dibujos de elementos que hoy sabemos que son irreales. Pero había muchos otros entre los que destaca una plétora de «mediciones de estrellas dobles» de objetos muy separados entre sí, básicamente estrellas no relacionadas desde un punto de vista físico; una fascinación por la presión y otros efectos sobre las frecuencias de las rayas espectrales, cuando nadie prestaba atención al análisis de las curvas de crecimiento; unos debates corrosivos sobre la presencia o ausencia de tal o cual sustancia sobre la base únicamente de la espectroscopia ocular.

También resulta curiosa la dispersión de la física en la astrofísica de finales de la época victoriana. Sólo se encuentra una física moderadamente elaborada en la óptica geométrica y física, en los procesos fotográficos y en la mecánica celeste. La elaboración de teorías de la evolución estelar basadas en los espectros estelares, sin gran preocupación por la dependencia de la excitación y la ionización respecto a la temperatura, o el intento de calcular la temperatura subsuperficial de la Luna sin resolver la ecuación de transporte del calor de Fourier, me parecen poco menos que fantásticos. Al ver las elaboradas representaciones empíricas de los espectros en el

laboratorio, el lector moderno empieza a impacientarse por la llegada de Bohr, Schrödinger y sus sucesores, y por el desarrollo de la mecánica cuántica.

Me pregunto cuántos de nuestros debates actuales y de nuestras más encumbradas teorías aparecerán rotuladas, desde la perspectiva del año 2049, como observaciones falsas, potencias intelectuales indiferentes o conocimientos físicos inadecuados. Tengo la impresión de que en la actualidad somos más autocríticos de lo que lo eran los científicos en 1899; de que, debido al mayor número de astrónomos, comprobamos mutuamente nuestros resultados más a menudo; y de que, en parte debido a la existencia de organizaciones como la Sociedad Astronómica de América, los niveles de intercambio y discusión de los resultados se han elevado sustancialmente. Espero que nuestros colegas de 2049 estén de acuerdo con ello.

El adelanto más importante entre 1899 y 1974 es el tecnológico. Pero en 1899 ya se había construido el mayor refractor del mundo, que sigue siendo el mayor refractor del mundo. Ahora comienza a hablarse de un reflector de 100 pulgadas de apertura. Sólo hemos mejorado esa apertura en un factor dos en todos esos años. Pero, ¿qué hubiesen podido hacer nuestros colegas de 1899 —vivieron después de Hertz, pero antes de Marconi— con el Observatorio de Arecibo, o con la interferometría de separación muy amplia (VLBI)? ¿Saldar el debate sobre el período de rotación de Mercurio mediante espectroscopia de radar Doppler? ¿Comprobar la naturaleza de la superficie lunar trayendo alguna muestra a la Tierra? ¿Insistir en el problema de la naturaleza y la habitabilidad de Marte enviando un satélite orbital durante todo un año, capaz de enviar 7200 fotografías del planeta a la Tierra, cada una de ellas de mejor calidad que las fotografías de la Luna realizadas en 1899? ¿Comprobar los modelos cosmológicos con espectroscopia ultravioleta orbital del deuterio interestelar, cuando ni los modelos a comprobar, ni la existencia del átomo que permite comprobarlos eran conocidos en 1899, ni mucho menos la técnica de observación?

Es claro que en los últimos setenta y cinco años la astronomía mundial han avanzado enormemente, incluso más allá de las especulaciones más románticas de los astrónomos victorianos. ¿Y en los próximos setenta y cinco años? Podemos apuntar algunas predicciones muy pedestres. Habremos examinado por completo el espectro electromagnético desde los rayos gamma muy cortos hasta las ondas de radio bastante largas. Habremos enviado vehículos no tripulados a todos los planetas y a la mayoría de los satélites del sistema solar. Habremos enviado algún vehículo espacial hacia el Sol para hacer cálculo estructural estelar experimental, empezando tal vez —debido a las bajas temperaturas— con las manchas solares. A Hale le hubiese gustado eso. Creo posible que dentro de setenta y cinco años hayamos lanzado algún vehículo espacial subrelativista hacia las estrellas próximas, vehículo capaz de desplazarse aproximadamente a una décima parte de la velocidad de la luz. Entre otras cosas,

dichas misiones nos permitirán examinar directamente el medio interestelar y nos proporcionarán una separación mayor para la VLB I de la que podemos imaginar hoy. Tendremos que inventar alguna palabra que supere a muy, tal vez «ultra». La naturaleza de los púlsares, los quásares y los agujeros negros será bien conocida por entonces, así como las respuestas a algunas de las preguntas cosmológicas más profundas. Incluso es posible que hayamos abierto algún canal regular de comunicación con civilizaciones de otros planetas y otras estrellas y que los últimos descubrimientos en astronomía, así como los de otras muchas ciencias, nos lleguen desde alguna especie de «Enciclopedia Galáctica» y nos sean transmitidos en flujos de información hasta una inmensa red de radiotelescopios.

Pero al leer la astronomía de hace setenta y cinco años, creo muy probable que, a excepción del contacto interestelar, estos avances, aun siendo muy interesantes, serán considerados propios de una astronomía de viejo estilo y que las fronteras reales y el interés principal de la ciencia se situarán en áreas que dependan de la nueva física y la nueva tecnología, que sólo podemos intuir vagamente en la actualidad.

CAPÍTULO 22

LA BÚSQUEDA DE INTELIGENCIA EXTRATERRESTRE

> Ahora las Sirenas disponen de un arma más mortífera que su canción: su silencio… Es posible que alguien haya escapado a su canto, pero a su silencio, nunca jamás.
>
> FRANZ KAFKA, *Parábolas*

A LO LARGO DE toda nuestra historia hemos examinado las estrellas y hemos cavilado sobre si la humanidad es única o si, en algún lugar del cielo oscuro, existen otros seres que contemplan y se maravillan como nosotros, compañeros de pensamiento en el cosmos. Estos seres pueden tener una visión muy distinta del universo y de sí mismos. En algún lugar pueden existir biologías, o tecnologías, o sociedades, muy exóticas. En un universo cósmico, amplio y viejo, más allá de la comprensión humana ordinaria, estamos un poco solos; y nos preguntamos sobre el significado último, si es que existe, de nuestro diminuto, pero exquisito, planeta azul. La búsqueda de inteligencia extraterrestre es la búsqueda de un contexto cósmico aceptable en general para la especie humana. En su sentido más profundo, la búsqueda de inteligencia extraterrestre es una búsqueda de nosotros mismos.

En los últimos años —esa millonésima parte de la vida de nuestra especie en este planeta— hemos conseguido una herramienta tecnológica extraordinaria que nos permite buscar civilizaciones lejanas e inimaginables que no estén siquiera tan avanzadas como la nuestra. Esa herramienta se llama radioastronomía y cuenta con radiotelescopios individuales, series o redes de radiotelescopios, detectores de radio muy sensibles, computadoras muy avanzadas para el proceso de los datos recibidos y la imaginación y la pericia de científicos entregados a su *métier*. En la última década, la radioastronomía nos ha abierto una nueva puerta al universo físico. También podría, si somos lo suficientemente sensatos como para hacer el esfuerzo, proyectar una amplia luz sobre el universo biológico.

Algunos científicos que trabajan en el tema de la inteligencia extraterrestre (entre los que me cuento) han intentado dar una cifra del número de civilizaciones técnicas avanzadas —definidas operativamente como aquellas sociedades capaces de trabajar en radioastronomía— en la Vía Láctea. Esos cálculos son poco más que conjeturas, pues requieren asignar valores numéricos a magnitudes tales como el número y la edad de las estrellas, la abundancia de sistemas planetarios y la probabilidad del origen de la vida, de los que no sabemos nada con certeza, y la probabilidad de la

evolución de vida inteligente y la duración de las civilizaciones técnicas, de las que ciertamente sabemos bien poco.

Cuando se hacen las operaciones, los números que suelen salir normalmente son de alrededor de un millón de civilizaciones técnicas. Un millón de civilizaciones técnicas es un número sorprendentemente elevado, y es estimulante imaginar la diversidad, los estilos de vida y de comercio de ese millón de mundos. Pero la galaxia de la Vía Láctea contiene 250 mil millones de estrellas y, aun con un millón de civilizaciones, menos de una estrella de cada 200 000 poseería un planeta habitado por una civilización avanzada. Como sabemos muy poco acerca del tipo de estrellas que puedan ser candidatas, habrá que examinar un gran número de ellas. Estas consideraciones sugieren que la búsqueda de inteligencia extraterrestre puede suponer un esfuerzo importante.

Pese a las numerosas pretensiones relativas a la existencia de antiguos astronautas y objetos volantes no identificados, no existe actualmente ninguna prueba contundente de visitas realizadas a la Tierra en el pasado por otras civilizaciones (ver capítulos 5 y 6). Nos vemos restringidos al campo de las señales remotas y la radio es, con mucho, la mejor de todas las técnicas de larga distancia de que dispone nuestra tecnología. Los radiotelescopios son relativamente baratos, las señales de radio se desplazan a la velocidad de la luz, más deprisa que cualquier otra cosa; además, la utilización de la radio no es ninguna actividad corta de miras o antropocéntrica. La radio representa una parte muy amplia del espectro electromagnético y cualquier civilización técnica en cualquier lugar de la galaxia tiene que haber descubierto la radio antes de considerarse técnica, de la misma manera que en los últimos siglos hemos explorado todo el espectro electromagnético desde los rayos gamma cortos hasta las ondas de radio muy largas. Cabe perfectamente que otras civilizaciones avanzadas utilicen otros medios de comunicación con sus iguales. Pero si desean comunicarse con civilizaciones atrasadas o en formación, solo existen unos pocos métodos obvios y el principal es la radio.

El primer intento serio de escuchar posibles señales de radio procedentes de otras civilizaciones se llevó a cabo en el Observatorio Nacional de Radioastronomía de Greenbank, Virginia Occidental, entre 1959 y 1960. Fue organizado por Frank Drake, actualmente en la Universidad de Cornell, y se bautizó con el nombre de *Proyecto Ozma*, en honor de la princesa de la Tierra de *Oz*, un lugar muy exótico, muy alejado y de muy difícil acceso. Drake examinó dos estrellas cercanas, *Epsilon Eridani* y *Tau Ceti*, a lo largo de varias semanas, sin obtener resultados positivos. Hubiese sido sorprendente de haberse producido éstos, pues, como hemos visto, las estimaciones más optimistas del número de civilizaciones técnicas en la Galaxia requieren el examen de varios centenares de miles de estrellas para lograr el éxito con una

selección estelar al azar.

Desde el Proyecto Ozma, ha habido seis u ocho programas de ese estilo, todos ellos muy modestos, en los Estados Unidos, Canadá y la Unión Soviética. Todos los resultados han sido negativos. El número total de estrellas individuales examinadas de esa forma hasta el momento no supera el millar. Hemos realizado algo así como una décima parte del uno por ciento del esfuerzo requerido.

Sin embargo, existen algunos indicios de que en un futuro relativamente próximo pueden llevarse a cabo esfuerzos más serios. Hasta ahora, todos los programas de observación han utilizado cantidades de tiempo muy pequeñas con grandes telescopios y, cuando la observación ha durado mucho tiempo, sólo han podido utilizarse radiotelescopios muy pequeños. Un amplio examen del problema fue hecho recientemente por una comisión de la NASA presidida por Philip Morrison, del *Massachusetts Institute of Technology*. La comisión señaló una gran diversidad de opciones, incluyendo nuevos (y caros) radiotelescopios gigantes con base en tierra y espaciales. También señaló que podrían alcanzarse avances importantes con un coste moderado a base de desarrollar receptores de radio más sensibles y sistemas de proceso de datos por computadoras más ingeniosos. En la Unión Soviética existe una comisión estatal dedicada a coordinar la búsqueda de inteligencia extraterrestre y el gran radiotelescopio RATAN-600 recién instalado en el Cáucaso se dedica en parte a ese empeño. Paralelamente a los recientes y espectaculares progresos en tecnología de radio, se ha producido un tremendo incremento en la respetabilidad científica y pública de todo el tema de la vida extraterrestre. Un claro exponente de esa nueva actitud lo constituyen las misiones *Viking* a Marte, que en una buena parte están orientadas a la búsqueda de vida en el planeta.

Pero junto a esa naciente dedicación a una investigación seria, ha aparecido una nota ligeramente negativa que resulta empero muy interesante. Varios científicos han planteado últimamente una curiosa pregunta. Si la inteligencia extraterrestre abunda, ¿por qué no hemos visto todavía ninguna de sus manifestaciones? Pensemos en los progresos realizados por nuestra civilización tecnológica en los últimos diez mil años e imaginemos que dichos avances prosiguiesen durante millones o miles de millones de años más. Si tan sólo una pequeñísima fracción de las civilizaciones tecnológicas está millones o miles de millones de años más avanzada que nosotros, ¿por qué no han producido artefactos, instrumentos o hasta polución industrial de tal magnitud que hayan podido ser detectados por nosotros? ¿Por qué no han reestructurado toda la Galaxia a su conveniencia?

Los escépticos también se preguntan por qué no existen claras muestras de visitas extraterrestres a la Tierra. Ya hemos lanzado algunos vehículos interestelares, lentos y modestos. Una sociedad más avanzada que la nuestra debe ser capaz de surcar los espacios entre las estrellas de forma adecuada, o hasta sin esfuerzo. Durante millones

de años, dichas sociedades habrán establecido colonias, las cuales, a su vez, habrán lanzado al espacio expediciones interestelares. ¿Por qué no están aquí? Se tiene la tentación de decir que sólo existen unas cuantas civilizaciones extraterrestres; ya sea porque estadísticamente somos una de las primeras civilizaciones técnicas en haber surgido, ya fuere porque el destino de todas esas civilizaciones es el de autodestruirse antes de progresar más de lo que lo hemos hecho nosotros.

Me parece que esa desesperación es algo prematura. Todos esos argumentos dependen de una conjetura correcta por nuestra parte acerca de las intenciones de seres mucho más avanzados que nosotros, y, vistos más de cerca estos argumentos, en mi opinión ponen de manifiesto aspectos interesantes de la presunción humana. ¿Por qué es de esperar que nos será fácil reconocer las manifestaciones de civilizaciones muy avanzadas? Se parece nuestra situación a la de los miembros de una comunidad amazónica aislada que carece de los medios para detectar el intenso tráfico internacional de radio y televisión que les rodea. Además, existe una amplia gama de fenómenos astronómicos que no comprendemos totalmente. ¿Puede ser de origen tecnológico la modulación de los púlsares o la fuente de energía de los quásares, por ejemplo? O tal vez existe en la Galaxia una cierta ética de no-interferencia con civilizaciones atrasadas o en nacimiento. Tal vez exista un tiempo de espera antes de que se considere oportuno tomar contacto, en orden a proporcionarnos una buena oportunidad de autodestruirnos, si a eso vamos. Tal vez todas las civilizaciones considerablemente más avanzadas que la nuestra han alcanzado una inmortalidad personal efectiva y han perdido la motivación para vagar por los espacios interestelares, lo cual puede ser una necesidad típica de las civilizaciones adolescentes. Tal vez las civilizaciones maduras no desean polucionar el cosmos. Podría darse una lista muy larga de «tal vez», pero no estamos en condiciones de evaluar más que algunos de ellos con un cierto grado de seguridad.

La cuestión de las civilizaciones extraterrestres está totalmente abierta. Personalmente, creo que es mucho más difícil comprender un universo en el que seamos la única civilización tecnológica, o una de las pocas, que concebir un cosmos rebosante de vida inteligente. Afortunadamente, muchos aspectos del problema pueden verificarse experimentalmente. Podemos buscar planetas alrededor de otras estrellas, podemos escudriñar formas simples de vida en planetas cercanos como Marte, y realizar en el laboratorio estudios más profundos acerca de la química del origen de la vida. Podemos investigar con mayor intensidad la evolución de los organismos y las sociedades. El problema requiere una investigación a largo plazo, de amplias miras, sistemática, cuyo único árbitro de lo que es posible o no sea la naturaleza.

Si existe un millón de civilizaciones técnicas en la Vía Láctea, la separación media entre las civilizaciones es unos 300 años luz. Como un año luz es la distancia

que recorre la luz en un año (un poco menos de 6 millones de millones de millas), entonces el tiempo que tarda en una sola dirección una comunicación interestelar con la civilización más próxima es de 300 años. El tiempo necesario para formular una pregunta y recibir la respuesta sería de 600 años. Esa es la razón por la cual los diálogos interestelares son mucho menos posibles que los monólogos interestelares, especialmente en la época del primer contacto. A primera vista, puede parecer totalmente inútil que una civilización envíe mensajes de radio sin la esperanza de saber, al menos en un futuro inmediato, si alguien ha recibido el mensaje y cuál será la respuesta; pero los seres humanos a veces realizamos acciones de ese estilo como, por ejemplo, enterrar cápsulas de tiempo para que las recuperen las generaciones futuras, o incluso escribir libros, componer música y crear arte para la posteridad. Una civilización que haya recibido ayuda mediante la recepción de un mensaje exterior en el pasado puede desear ayudar a otras sociedades técnicas en formación.

Para que un programa de búsqueda por radio tenga éxito es preciso que la Tierra se encuentre entre los presuntos beneficiarios. Aunque la civilización transmisora estuviera poco más avanzada que la nuestra, dispondría de una gran potencia de radio para la comunicación interestelar; tal vez tan grande que la emisión podría ser efectuada por grupos relativamente pequeños de aficionados a la radio y de partidarios de las civilizaciones primitivas. Si todo un gobierno planetario o una alianza de mundos llevasen a cabo el proyecto, la emisión podría alcanzar un número muy grande de estrellas, tan grande que sería posible que uno de los mensajes fuese radiado en nuestra dirección, aun cuando no hubiese ninguna razón para prestar atención a nuestro particular rincón del cielo.

Es fácil ver que la comunicación es posible aun sin un acuerdo o contacto previo entre las civilizaciones transmisora y receptora. No presenta ninguna dificultad saber con certeza si un mensaje de radio interestelar procede de una fuente inteligente. Una señal modulada (bip, bip-bip, bip-bip-bip…) con los números 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31 —los doce primeros números primos— solo puede tener un origen biológico. Para que esto resulte claro, no se necesita ningún acuerdo previo entre las civilizaciones, ni ninguna prevención ante un posible chauvinismo terrestre.

Un mensaje de esas características sería una señal de anuncio o guía indicando la presencia de una civilización avanzada, pero informaría muy poco sobre su propia naturaleza. La señal guía también podría poner de relieve una frecuencia determinada en la que encontrar el mensaje principal, o podría indicar que el mensaje principal habría de requerir un tiempo de resolución mayor a la frecuencia de la señal guía. La comunicación de información bastante compleja no resulta muy difícil, incluso para civilizaciones con biología y comportamientos sociales extraordinariamente distintos. Se pueden enviar proposiciones aritméticas, algunas verdaderas y algunas falsas, cada una de ellas seguida de una palabra codificada adecuada (con rayas y puntos, por

ejemplo), para transmitir las ideas de verdadero y falso, conceptos de los que mucha gente puede pensar que serían extremadamente difíciles de transmitir en ese contexto.

Pero el método más prometedor es el de enviar imágenes. Un mensaje repetido que sea el producto de dos números primos será identificado claramente como una disposición bidimensional, es decir, una imagen. El producto de tres números primos puede constituir una imagen tridimensional o el marco de una imagen móvil bidimensional. A modo de ejemplo de mensaje, imaginemos una disposición de ceros y unos que podrían ser bips largos o cortos, o tonos de dos frecuencias adyacentes, o tonos de amplitudes distintas, o incluso señales con polarizaciones de radio distintas. En 1974 se envió al espacio un mensaje desde la antena de 305 metros del Observatorio de Arecibo, en Puerto Rico, que utiliza la Universidad Cornell en nombre de la *National Science Foundation*. El motivo era una ceremonia que celebraba el acondicionamiento de la superficie del plato de Arecibo, el mayor radio/radar telescopio del planeta Tierra. La señal se envió a una serie de estrellas llamadas M13, un cúmulo globular que cuenta con un millón de soles y que se encontraba en el cenit en la época de la ceremonia. Como M13 está a 24000 años luz de distancia, el mensaje tardará 24000 años en llegar allí. Si alguna criatura responsable se encuentra a la escucha, pasarán 48000 años antes de que recibamos una respuesta. El mensaje de Arecibo no pretendía ser un intento serio de comunicación interestelar, sino más bien una indicación de los notables adelantos en el terreno de la tecnología de la Tierra.

El mensaje codificado decía algo así: «*Así es como contamos del uno al diez. Estos son los números atómicos de cinco elementos —hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno y fósforo— que consideramos interesantes o importantes. Éstas son algunas formas de juntar los átomos: las moléculas adenina, timina, guanina y citosina y una cadena compuesta por azúcares y fosfatos alternados. Estos bloques moleculares pueden juntarse a su vez formando una larga molécula de ADN cuya cadena cuenta con unos cuatro mil millones de enlaces. La molécula es una doble hélice. De alguna manera esa molécula es importante para la criatura de aspecto tosco del centro del mensaje. Esa criatura mide 14 longitudes de onda, o unos 176 cm de altura. Existen unos cuatro mil millones de esas criaturas en el tercer planeta de nuestra estrella. Hay nueve planetas en total —cuatro pequeños en el interior, cuatro grandes hacia el exterior y uno pequeño en el borde. Este mensaje les es radiado desde un radiotelescopio de 2430 longitudes de onda, o 306 metros de diámetro. Sinceramente suyos*».

Con muchos mensajes pictóricos de este estilo, cada uno de ellos coherente con los demás, y corroborándolos, es muy posible establecer una comunicación interestelar por radio casi sin ambigüedades entre dos civilizaciones que nunca se han encontrado. Nuestro objetivo inmediato no es el de enviar dichos mensajes porque

somos muy jóvenes y atrasados; deseamos escuchar.

La detección de señales de radio inteligentes procedentes de las profundidades del espacio nos acercaría de manera rigurosa, desde el punto de vista experimental y científico, a las preguntas más profundas que han preocupado a los científicos y filósofos desde los tiempos prehistóricos. Una señal de esas indicaría que el origen de la vida no es un acontecimiento extraordinario, difícil o improbable. Significaría que, con miles de millones de años de selección natural, las formas sencillas de vida evolucionan normalmente hacia formas complejas e inteligentes, como ha ocurrido en la Tierra y que esas formas inteligentes son capaces de producir una tecnología avanzada, como ha ocurrido aquí. Pero es poco probable que las transmisiones que recibamos procedan de una sociedad que se encuentre al mismo nivel tecnológico que nosotros. Una sociedad sólo un poco más atrasada que la nuestra no dispondrá de la radioastronomía. Lo más probable es que el mensaje provenga de alguna civilización muy adentrada en nuestro futuro tecnológico. Así, antes incluso de descifrar el mensaje, habremos sacado una valiosa enseñanza: la de que es posible evitar los peligros del período en que estamos viviendo.

Hay gente que al considerar los problemas generales de la Tierra —nuestros serios antagonismos nacionales, nuestros arsenales nucleares, nuestra población creciente, la disparidad entre los pobres y los opulentos, la escasez de alimentos y recursos y nuestras muy inconscientes alteraciones del medio ambiente— deduce que vivimos en un sistema que se ha hecho inestable de repente, un sistema destinado a entrar en colapso dentro de poco. Otros creen que nuestros problemas pueden resolverse, que la humanidad está todavía en su infancia, que pronto empezaremos a crecer. Bastaría con la recepción de un mensaje procedente del espacio para demostrar que es posible sobrevivir a esta adolescencia tecnológica, dado que la civilización transmisora ha sobrevivido. A mi entender, vale la pena pagar un gran precio por ese conocimiento.

Otra posible consecuencia de un mensaje interestelar sería la de fortalecer los lazos entre todos los seres humanos y los demás seres de nuestro planeta. La lección segura de la evolución es la de que los organismos de cualquier lugar deben tener caminos evolutivos separados; que su química y su biología, y muy posiblemente sus organizaciones sociales, pueden ser profundamente distintos a cualquier otra cosa de la Tierra. Podremos ser capaces de comunicamos con ellos porque compartimos un universo común, desde que las leyes de la física y de la química y las regularidades de la astronomía son universales, pero siempre pueden ser distintos en el sentido más profundo. Y ante esa diferencia, pueden debilitarse los enfrentamientos que dividen a los pueblos de la Tierra. Las diferencias entre los humanos de distintas razas y nacionalidades, religiones y sexos, posiblemente sean insignificantes comparadas con las diferencias entre nosotros y los seres extraterrestres inteligentes.

Si el mensaje llegara por radio, tanto la civilización emisora como la receptora tendrán en común por lo menos el conocimiento de la física de la radio. Esa confluencia en las ciencias físicas es la razón por la que muchos científicos esperan poder descifrar los mensajes procedentes de civilizaciones extraterrestres. Requerirá un proceso lento y plagado de dificultades, pero en el resultado no cabrán ambigüedades. Nadie puede aventurarse a predecir con detalle cuáles serán las consecuencias de descifrar ese mensaje, porque tampoco nadie puede aventurarse a decir de antemano cuál será la naturaleza del mensaje. Como lo más probable es que la transmisión proceda de una civilización mucho más avanzada que la nuestra, aparecerán conocimientos sorprendentes en el terreno de la física, la biología y las ciencias sociales, desde la perspectiva de una clase muy distinta de inteligencia. Pero descifrar el mensaje nos tomará años o décadas.

Algunos han expresado su preocupación en el sentido de que un mensaje procedente de una sociedad avanzada puede hacemos perder la fe en nosotros mismos, puede despojarnos de la iniciativa de llevar a cabo nuevos descubrimientos, si da la impresión de que otros ya han hecho esos descubrimientos; incluso puede tener consecuencias negativas. Pero es algo así como si un estudiante abandonase la escuela porque descubre que sus maestros y sus libros de texto saben más que él. Somos libres de ignorar un mensaje interestelar si nos parece ofensivo. Si preferimos no responder, la civilización transmisora no podrá saber que el mensaje fue recibido y comprendido en un diminuto planeta llamado Tierra. La traducción de un mensaje procedente de las profundidades del espacio, sobre el que podemos ser tan lentos y precavidos como queramos, parece plantear pocos peligros a la humanidad; en cambio, aporta la gran promesa de sus ventajas prácticas y filosóficas.

En particular, es posible que entre los primeros contenidos de ese tipo de mensajes figuren descripciones detalladas de la forma de evitar un desastre tecnológico, en el paso de la adolescencia a la madurez. Tal vez las transmisiones desde civilizaciones avanzadas describan los caminos de la evolución cultural que conduce a la estabilidad y longevidad de una especie inteligente y también los que llevan a la paralización, a la degeneración o al desastre. Como es evidente, no hay ninguna garantía de que ese sea el contenido de un mensaje interestelar, pero sería temerario descartar la posibilidad. Tal vez existan soluciones, todavía no encontradas en la Tierra, que resuelvan la escasez de alimentos, el crecimiento de la población, el suministro de energía, la disminución de los recursos, la polución y la guerra.

Así como es seguro que habrá diferencias entre las civilizaciones, también pueden darse leyes de desarrollo de las civilizaciones que sólo puedan intuirse cuando podamos disponer de información sobre la evolución de varias de esas civilizaciones. Dado nuestro aislamiento del resto del cosmos, sólo disponemos de información acerca de la evolución de *una* civilización: la nuestra. Y el aspecto más importante de

la evolución —el futuro— sigue siendo inalcanzable para nosotros. Tal vez no sea probable, pero sí es posible que el futuro de la civilización humana dependa de la recepción y descifrado de mensajes interestelares procedentes de civilizaciones extraterrestres.

¿Qué ocurriría si después de dedicarnos mucho tiempo a la búsqueda de inteligencia extraterrestre, no consiguiésemos ningún resultado? Incluso entonces podremos decir con seguridad que no hemos estado perdiendo el tiempo. Habremos puesto a punto una tecnología importante, capaz de producir aplicaciones en otros campos de nuestra civilización. Habremos contribuido en gran manera al conocimiento del universo físico. Y habremos calibrado algo de la importancia y la unicidad de nuestra especie, nuestra civilización y nuestro planeta. Pues si la vida inteligente es escasa o inexistente en otros lugares, habremos aprendido algo significativo acerca de la rareza y el valor de nuestra cultura y nuestro patrimonio biológico, afanosamente surgidos tras una sinuosa historia evolutiva de 4600 millones de años. Ese descubrimiento dará énfasis a nuestras responsabilidades ante los peligros que acechan nuestro tiempo, porque la explicación más plausible de los resultados negativos de esa búsqueda es la de que las sociedades, por lo general, se destruyen a sí mismas antes de alcanzar un grado de inteligencia suficiente como para crear un potente servicio de transmisión por radio. Es un aspecto interesante el de que la organización de la búsqueda de mensajes radio interestelares, al margen de cuál sea el resultado, pueda suponer una influencia constructiva para el conjunto de la humanidad.

Pero no conoceremos los resultados de esa búsqueda, y menos todavía el contenido de los mensajes procedentes de otras civilizaciones, si no realizamos un serio esfuerzo por escuchar las señales. Puede resultar que las civilizaciones se clasifiquen en dos grandes categorías: las que hacen ese esfuerzo, logran entrar en contacto con otras y se convierten en nuevos miembros de una federación poco vinculante de comunidades galácticas; y las que no pueden, o prefieren no hacer ese esfuerzo, o carecen de la imaginación para intentarlo y, al poco tiempo, van destruyéndose y desaparecen.

Es difícil pensar en cualquier otra empresa, a nuestro alcance y a un costo relativamente moderado, que encierre una promesa tan grande como ésta para el futuro de la humanidad.

CUESTIONES POSTRERAS

CAPÍTULO 23

EL SERMÓN DOMINICAL

En la cuna de toda ciencia yacen teólogos extinguidos, como las serpientes estranguladas junto a la cuna de Hércules.

T. H. HUXLEY (1860)

Hemos visto el círculo superior de la espiral de poderes. Hemos llamado Dios a ese círculo. Le hubiésemos podido dar cualquier otro nombre: Abismo, Misterio, Oscuridad absoluta, Luz absoluta, Materia, Espíritu, Esperanza última, Silencio.

NIKOS KAZANTZAKIS (1948)

EN ESTOS DÍAS suelo dar conferencias científicas ante audiencias populares. En algunas ocasiones me preguntan sobre la exploración planetaria y la naturaleza de los planetas; en otras, sobre el origen de la vida y la inteligencia en la Tierra; en otras todavía, sobre la búsqueda de vida en cualquier lugar; y otras veces, sobre la gran perspectiva cosmológica. Como esas conferencias ya las conozco por ser yo quien las doy, lo que más me interesa en ellas son las preguntas. Las más habituales son relativas a objetos volantes no identificados y a los astronautas en el principio de la historia, preguntas que en mi opinión son interrogantes religiosos disfrazados. Son igualmente habituales, especialmente después de una conferencia en la que hablo de la evolución de la vida o de la inteligencia, las preguntas del tipo: «¿Cree usted en Dios?». Como la palabra *Dios* significa cosas distintas para distintas personas, normalmente pregunto qué entiende mi interlocutor por «Dios». Sorprendentemente, la respuesta es a veces enigmática o inesperada: *«¡Oh! Ya sabe Vd., Dios. Todo el mundo sabe quién es Dios*», o bien, «*Pues una fuerza superior a nosotros y que existe en todos los puntos del universo*». Hay muchas fuerzas de ese tipo, contesto. Una de ellas se llama *gravedad*, pero no es frecuente identificarla con Dios. Y no todo el mundo sabe a lo que se hace referencia al decir Dios. El concepto cubre una amplia gama de ideas. Alguna gente piensa en Dios imaginándose un hombre anciano, de grandes dimensiones, con una larga barba blanca, sentado en un trono en algún lugar ahí arriba en el cielo, llevando afanosamente la cuenta de la muerte de cada gorrión. Otros —por ejemplo, Baruch Spinoza y Albert Einstein— consideraban que Dios es básicamente la suma total de las leyes físicas que describen al universo. No sé de ningún indicio de peso en favor de algún patriarca capaz de controlar el destino humano desde algún lugar privilegiado oculto en el cielo, pero sería estúpido negar la existencia de las leyes físicas. Creer o no creer en Dios depende en mucho de lo que

se entienda por Dios.

A lo largo de la historia, ha habido posiblemente miles de religiones distintas. Hay también una piadosa creencia bien intencionada, según la cual todas son fundamentalmente idénticas. Desde el punto de vista de una resonancia psicológica subyacente, puede haber efectivamente importantes semejanzas en los núcleos de muchas religiones, pero en cuanto a los detalles de la liturgia y de la doctrina, y en las apologías consideradas autenticantes, la diversidad de las religiones organizadas resulta sorprendente. Las religiones humanas son mutuamente excluyentes en cuestiones tan fundamentales como: un dios o muchos, el origen del mal, la reencarnación, la idolatría, la magia y la brujería; el papel de la mujer, las proscripciones dietéticas, los ritos mortuorios, la liturgia del sacrificio, el acceso directo o indirecto a los dioses, la esclavitud, la intolerancia con otras religiones y la comunidad de seres a los que se debe una consideración ética especial. Si despreciamos esas diferencias, no prestamos ningún servicio a la religión en general, ni a ninguna doctrina en particular. Creo que deberíamos comprender los puntos de vista de los que hacen las distintas religiones e intentar comprender que las necesidades humanas quedan colmadas con esas diferencias.

Bertrand Russell fue arrestado en una ocasión por protestar pacíficamente en ocasión del ingreso de Gran Bretaña en la Primera Guerra Mundial. El funcionario de la prisión preguntó a Russell cuál era su religión, lo que era una pregunta rutinaria por aquel entonces en todos los ingresos. Russell respondió «*Agnóstico*» y tuvo que deletrearle la palabra. El funcionario sonrió afablemente, movió la cabeza y dijo: «*Hay muchas religiones distintas, pero supongo que todos adoramos al mismo Dios*». Russell comentó que esa observación le mantuvo alegre durante semanas. Y no debía haber muchas cosas que lo alegraran en la cárcel, aunque consiguió escribir toda la *Introducción a la filosofía matemática* y empezó a leer para su trabajo *El análisis de la mente*, todo ello dentro de sus limitaciones.

Muchas de las personas que me preguntan por mis creencias lo que en realidad quieren es confirmar si su sistema de creencias particular es coherente con el conocimiento científico moderno. La religión ha salido dañada de su confrontación con la ciencia, y mucha gente —pero no todo el mundo— se muestra reacia a aceptar un cuerpo de creencias teológicas que entre en conflicto frontal con lo que conocemos. Cuando el *Apollo 8* cumplía la primera navegación tripulada alrededor de la Luna, en un gesto más o menos espontáneo los astronautas a bordo leyeron el primer versículo del Génesis en un intento, a mi criterio, de tranquilizar a los contribuyentes norteamericanos en cuanto a que no existía incoherencia entre las consideraciones religiosas tradicionales y un vuelo tripulado a la Luna. Los musulmanes ortodoxos, por su parte, se sintieron ultrajados por los astronautas del *Apollo 11*, ya que para el Islam la Luna posee un significado especial y sagrado.

Después del primer vuelo orbital de Yuri Gagarin, y en un contexto religioso muy distinto, Nikita Kruschev, presidente del Consejo de Ministros de la URSS, afirmó que Gagarin no había encontrado *ni dioses ni ángeles allá arriba*; es decir, Kruschev tranquilizó a su «feligresía» en el sentido de que el vuelo orbital tripulado no entraba en contradicción con sus creencias.

En los 50 una revista técnica soviética llamada *Vo-prosy Filosofii* (Problemas de Filosofía) publicó un artículo que sostenía —muy poco convincentemente, a mi criterio— que el materialismo dialéctico exigía la existencia de vida en todos los planetas. Algo más tarde, apareció una triste refutación oficial en la que se marcaban las distancias entre el materialismo dialéctico y la exobiología. Una predicción clara en un área que está siendo estudiada a fondo permite que las doctrinas sean objeto de refutaciones. La situación en la que menos desea encontrarse una religión burocrática es la de la vulnerabilidad ante la refutación, es decir, que pueda llevarse a cabo una experiencia en la que la religión pueda tambalearse. Así, el hecho de que no se haya encontrado vida en la Luna no ha modificado en nada las bases del materialismo dialéctico. Las doctrinas que no hacen predicciones son menos consistentes que las que hacen predicciones correctas; éstas a su vez tienen más éxito que las doctrinas que hacen predicciones falsas.

Pero no siempre. Una prominente religión norteamericana predicaba resueltamente que el mundo finalizaría en 1914. Ahora bien, 1914 ha llegado y se ha ido y, aun a pesar de que los acontecimientos de ese año fueron verdaderamente importantes, el mundo no parece haberse acabado. Son tres las respuestas que pueden ofrecer los seguidores de una religión organizada ante un fracaso profético tan notorio como ése. Podrían haber dicho: *«¿Dijimos 1914? Lo sentimos, queríamos decir 2014. Un pequeño error de cálculo; esperamos que no les haya causado ningún perjuicio*». Pero no lo hicieron. Podrían haber dicho: «*El mundo se habría acabado en 1914, pero rogamos tan intensamente e intercedimos tanto ante el Señor, que eso evitó el fin de la Tierra*». Pero tampoco lo hicieron. En lugar de ello, hicieron algo más ingenioso. Anunciaron que el mundo se había acabado realmente en 1914 y que si los demás no nos habíamos dado cuenta, ese era nuestro problema. Ante tamañas evasivas resulta sorprendente que esa religión tenga todavía adeptos, pero las religiones son duras de roer. O bien no hacen ninguna propuesta que pueda refutarse, o bien revisan rápidamente la doctrina después de una refutación. El hecho de que las religiones sean tan descaradamente deshonestas, tan despreciativas de la inteligencia de sus adeptos y de que a pesar de ello todavía florezcan no dice nada bueno en favor del vigor mental de sus creyentes. Pero también pone de manifiesto, como si ello necesitase una demostración, que cerca del núcleo de la experiencia religiosa existe algo que se resiste a la racionalidad.

Andrew Dickson White fue la fuerza intelectual motora, el fundador y el primer

presidente de la Universidad Cornell. Fue también uno de los autores de un libro extraordinario titulado *The Warfare of Science with Theology in Christendom*, que levantó un gran escándalo en la época de su publicación, hasta el punto de que el coautor solicitó que su nombre fuese omitido. White era un hombre de sólido sentimiento religioso.[19] Pero escribió sobre la larga y penosa historia de las erróneas posiciones que las religiones habían sostenido acerca de la naturaleza del mundo, y de cómo fueron perseguidos aquellos que investigaron y descubrieron que era distinta a los postulados doctrinales, y cómo sus ideas fueron suprimidas. El viejo Galileo fue amenazado por la jerarquía católica con ser torturado por el hecho de proclamar que la Tierra se movía. Spinoza fue excomulgado por la jerarquía judía. En realidad, difícilmente se encontrará alguna religión organizada, con un amplio cuerpo de doctrina, que no se haya erigido en perseguidora, en algún momento, del *delito* de investigar abiertamente. La misma devoción de Cornell por la investigación libre y no sectaria fue considerada tan objetable en el último cuarto del siglo XIX que los sacerdotes recomendaban a los graduados de la escuela secundaria que era preferible no recibir educación universitaria antes que matricularse en una institución tan impía. De hecho la capilla Sage fue construida para apaciguar a los píos, aunque es una satisfacción decir que, de vez en cuando, se han realizado serios esfuerzos en favor de un ecumenismo abierto.

Muchas de las controversias descritas por White son discusiones sobre los orígenes. Se solía pensar que hasta el más trivial acontecimiento del mundo —la eclosión de una flor, por ejemplo— se debía a una microintervención directa de la Deidad. La flor era incapaz de abrirse por sí sola; Dios tenía que decir: «¡Eh, flor, ábrete!». Al aplicar esta idea a los asuntos del hombre, las consecuencias sociales han sido a menudo muy variables. Por un lado, pareciera indicar que no somos responsables de nuestras acciones. Si la representación teatral que es el mundo está producida y dirigida por un Dios omnipotente y omnisciente, ¿no puede deducirse acaso que cualquier mal que se produzca es una acción de Dios? Me consta que esta idea resulta embarazosa para Occidente; los intentos por evitarla pretenden que lo que parece ser obra del demonio en realidad forma parte del Plan Divino, demasiado complejo para que podamos comprenderlo en toda su extensión; o que Dios prefirió ocultar su propia visión de la causalidad cuando se dispuso a hacer el mundo. No hay nada totalmente imposible en esos intentos filosóficos de rescate, pero parecen tener un fuerte carácter de apuntalamiento de una estructura ontológica tambaleante.[20] Además, la idea de una microintervención en los asuntos del mundo ha sido utilizada para prestar apoyo al *statu quo* social, político y económico. Por ejemplo, estaba la idea del «Derecho Divino de los Reyes», que fue teorizada por filósofos como Thomas Hobbes. Si alguien tenía pensamientos revolucionarios con respecto a Jorge III, por poner un ejemplo, entonces era condenado por los delitos religiosos de

blasfemia e impiedad, así como por otros delitos políticos más vulgares, como la traición.

Hay muchos debates científicos legítimos relacionados con orígenes y finales. ¿Cuál es el origen de la especie humana? ¿De dónde vienen las plantas y los animales? ¿Cómo surgió la vida? ¿Y la Tierra y los planetas, el Sol y las estrellas? ¿Tiene origen el Universo y, en ese caso, cuál? Y también una pregunta más fundamental y poco frecuente, de la que muchos científicos opinan que carece de sentido por no poderse comprobar: ¿Por qué las leyes de la Naturaleza son como son? La idea de que es necesario un Dios (o varios) para producir esos orígenes ha sido atacada en repetidas ocasiones en los últimos mil años. Gracias a nuestros conocimientos acerca del fototropismo y de las hormonas vegetales, podemos explicar hoy la eclosión la flor sin recurrir a una microintervención divina. Lo mismo pasa con la causalidad en el origen de las cosas. A medida que vamos comprendiendo mejor el universo, van quedando menos cosas para Dios. La visión que tenía Aristóteles de Dios era la de un ser capaz de producir el primer movimiento sin moverse, un *roi faineant*, un rey perezoso que crea primero el universo y se sienta luego para observar cómo van tejiéndose las intrincadas y entremezcladas cadenas de la causalidad a lo largo de los tiempos. Pero esa idea parece abstracta y alejada de la experiencia cotidiana. Es un tanto perturbadora y aviva la vanidad humana.

Los seres humanos parecen tener una aversión natural hacia la progresión infinita de las causas, y ese desagrado es precisamente el fundamento de las demostraciones más famosas y más efectivas de la existencia de Dios, formuladas por Aristóteles y Tomás de Aquino. Pero esos pensadores vivieron mucho antes de que las series infinitas se convirtiesen en un lugar común de las matemáticas. Si en la Grecia del siglo v a. J.C. se hubiese inventado el cálculo diferencial e integral o la aritmética transfinita, y no hubiesen sido desestimados posteriormente, la historia de la religión en Occidente hubiese podido ser muy distinta, o por lo menos no hubiera existido la pretensión de que la doctrina teológica puede demostrarse mediante argumentos racionales a quienes rechazan la revelación divina, como intentó Tomás de Aquino en su *Summa Contra Gentiles*.

Cuando Newton explicó el movimiento de los planetas recurriendo a la teoría de la gravitación universal, dejó de necesitarse que los ángeles empujasen los planetas. Cuando Pierre Simon, marqués de Laplace, propuso explicar el origen del sistema solar —aunque no el origen de la materia— también mediante leyes físicas, la necesidad de un dios para los orígenes de las cosas empezó a ser profundamente cuestionada. Se cuenta que Laplace presentó una edición de su trabajo matemático *Mecanique céleste* a Napoleón, a bordo del barco que a través del Mediterráneo los llevaba a Egipto en su famosa expedición de 1798. Unos días más tarde, siempre según la misma versión, Napoleón se quejó a Laplace de que en el texto no

apareciese ninguna referencia a Dios.[21] La respuesta fue: «*Señor, no necesito esa hipótesis*». La idea de que Dios es una hipótesis en lugar de una verdad evidente es una idea moderna en Occidente, aunque ya fue discutida seria y torcidamente por los filósofos jónicos hace unos 2400 años.

Normalmente se cree que al menos el origen del universo necesita de un Dios, según la idea aristotélica.[22] Vale la pena detenernos un poco más sobre este punto. En primer lugar, es perfectamente posible que el universo sea infinitamente viejo, eterno, y por tanto no requiera ningún Creador. Esta idea concuerda con nuestros conocimientos cosmológicos actuales, los que permitirían un universo oscilante en el que los acontecimientos desde el Big Bang no serían sino la última encarnación de una serie infinita de creaciones y destrucciones del universo. Pero, en segundo lugar, consideremos la idea de un universo creado de la nada por Dios. La pregunta que aparece inmediatamente (de hecho, muchos críos de diez años piensan espontáneamente en ella antes de ser disuadidos por los mayores) es: ¿de dónde viene Dios? Si la respuesta es que Dios es infinitamente viejo y ha estado presente en cualquier época, no hemos resuelto nada. Con ello nos habremos limitado a retrasar un poco más el afrontar el problema. Un universo infinitamente viejo y un Dios infinitamente viejo son, a mi entender, misterios igualmente profundos. No hay evidencia de que uno de ellos esté más sólidamente establecido que el otro. Spinoza pudo haber dicho que las dos posibilidades no se diferencian en nada en absoluto.

Cuando se trata de afrontar misterios tan profundos, considero prudente adoptar una actitud humilde. La idea de que los científicos y los teólogos, con el bagaje actual de conocimientos, todavía raquítico, acerca de este cosmos tan amplio y aterrador, pueden comprender los orígenes del universo es casi tan absurda como la idea de que los astrónomos mesopotámicos de hace 3000 años —en quienes se inspiraron los antiguos Hebreos, durante la invasión babilónica, para explicar los acontecimientos cosmológicos en el primer capítulo del Génesis— hubiesen comprendido los orígenes del universo. Sencillamente no lo sabemos. El libro sagrado Hindú, el *Rig Veda* (x: 129) presenta una visión mucho más realista sobre este asunto:

¿Quién sabe con certeza? ¿Quién puede declararlo aquí?
¿Desde cuándo ha nacido, desde cuándo se produjo la creación?
Los dioses son posteriores a la creación de este mundo;
¿Quién puede saber entonces los orígenes del mundo? Nadie sabe desde cuándo surgió la creación;
Ni si la hizo o no;
Aquel que vigila desde lo alto de los cielos,
Solo él sabe —o tal vez no lo sabe.

Pero la época en la que vivimos es muy interesante. Algunas preguntas sobre los

orígenes, incluso algunas preguntas relacionadas con el origen del universo, pueden llegar a tener una comprobación experimental en las próximas décadas. No existe una posible respuesta para las grandes preguntas cosmológicas que no choque con la sensibilidad religiosa de los seres humanos. Pero existe la posibilidad de que las respuestas desconcierten a muchas religiones doctrinales y burocráticas. La idea de una religión como cuerpo de doctrina, inmune a la crítica y determinado para siempre por algunos de sus fundadores, es a mi criterio la mejor receta para una larga desintegración de esa religión, especialmente en los últimos tiempos. En cuestiones de orígenes y principios, la sensibilidad religiosa y la científica tienen objetivos muy parecidos. Los seres humanos somos de tal forma que deseamos ardientemente conocer las respuestas a esas preguntas —a causa quizá del misterio de nuestros propios orígenes individuales. Pero nuestros conocimientos científicos actuales, aun siendo limitados, son mucho más profundos que los de nuestros antecesores babilonios del año 1000 a. J.C. Las religiones que no muestran predisposición por acomodarse a los cambios, tanto científicos como sociales, están sentenciadas de muerte. Un cuerpo de creencias no puede ser vivo y consistente, vibrante y creciente, a menos de ser sensible a las críticas más serias que le puedan ser formuladas.

La Primera Enmienda a la Constitución de los Estados Unidos contempla la diversidad de religiones, pero no prohíbe la crítica religiosa. De hecho, protege y alienta la crítica religiosa. Las religiones tienen que estar sujetas, por lo menos, al mismo grado de escepticismo que, por ejemplo, las opiniones sobre visitas de OVNIs o sobre el catastrofismo de Velikovsky. Creo aconsejable que sean las propias religiones las que fomenten el escepticismo sobre los puntales fundamentales de sus propias bases. No se cuestiona que la religión proporcione alivio y ayuda, que sea un baluarte siempre presente para las necesidades emocionales y que pueda tener un papel social extremadamente útil. Pero eso no significa en absoluto que la religión tenga que ser inmune a la comprobación, al escrutinio crítico, al escepticismo. Resulta sorprendente el bajo nivel de discusión escéptica de la religión que se da en el país que Tom Paine, el autor de *The Age of Reason,* contribuyó a fundar. Sostengo que los sistemas de creencias que no son capaces de aceptar la crítica no merecen ser. Aquellos que son capaces de hacerlo posiblemente tengan en su interior importantes parcelas de verdad.

La religión solía proporcionar una visión, normalmente aceptada, de nuestro lugar en el universo. Ese ha sido, con toda seguridad, uno de los objetivos principales de los mitos y las leyendas, de la filosofía y la religión, desde que han existido los seres humanos. Pero la confrontación entre las distintas religiones y de la religión con la ciencia ha desgastado esos puntos de vista tradicionales, por lo menos en la mente de muchos.[23] La forma de encontrar nuestro lugar en el universo se consigue examinando el universo y examinándonos a nosotros mismos —sin ideas

preconcebidas, con la mente lo más abierta que podamos. No podemos empezar totalmente de cero, ya que afrontamos el problema con ciertas inclinaciones, debidas a nuestro origen hereditario y ambiental; pero, una vez comprendidos esos prejuicios artificiales, ¿no *es* posible arrancar de la Naturaleza nuestros conocimientos?

Los que propugnan religiones doctrinales —aquellas que priman un determinado cuerpo de creencias y que desprecian a los infieles— están amenazados por el valiente afán de adquirir conocimientos. Dicen que puede ser peligroso profundizar demasiado. Mucha gente ha heredado su religión al igual que el color de sus ojos: la consideran algo sobre lo que no hay que pensar con detenimiento y, en cualquier caso, algo que escapa a nuestro control. Pero aquellos que sienten en lo más profundo de su ser una serie de creencias, que han ido seleccionando, sin excesivos prejuicios, de entre los hechos y las alternativas, han de sentirse atraídos por los interrogantes. El disgusto hacia las dudas relativas a nuestras creencias es la señal de alerta del cuerpo: ahí se encuentra un bagaje doctrinal no examinado y posiblemente peligroso.

Christian Huygens escribió en 1670 un interesante libro en el que hacía una serie de especulaciones atrevidas y premonitorias sobre la naturaleza de los demás planetas del sistema solar. Huygens era muy consciente de que muchos consideraban objetables sus especulaciones, así como sus observaciones astronómicas. «Pero tal vez dirán», pensaba Huygens, «que no nos corresponde a nosotros ser tan curiosos e inquisitivos en esas Cosas que el Supremo Creador parece haber conservado para su propio Conocimiento: Ya que al no haber deseado llevar más allá el Descubrimiento o Revelación de ellas, no parece sino presunción investigar en aquello que ha considerado oportuno esconder. Pero hay que decir a esos caballeros», proseguía atronadoramente Huygens, «que es mucha su pretensión de determinar hasta qué punto, y no más allá, debe caminar el Hombre en sus Búsquedas y la de imponer límites a la Actividad de los demás Hombres; como si conociesen los Limites que Dios ha impuesto al Conocimiento; o como si los Hombres fuesen capaces de superar esos Límites. Si nuestros Antecesores hubiesen sido hasta ese punto escrupulosos, todavía seríamos ignorantes de la Magnitud y la Figura de la Tierra, o de que existe un sitio llamado América.

Si consideramos el universo como un todo, encontraremos algo sorprendente. En primer lugar, encontramos un universo que es excepcionalmente bello, construido de forma intrincada y sutil. Sobre si nuestra apreciación del universo se debe o no a que formamos parte de él —sobre si lo encontráramos bello, independientemente de cómo estuviese constituido el universo— no pretendo dar una respuesta. Pero no existe la menor duda de que la elegancia del universo es una de sus propiedades más notables. Al mismo tiempo, no puede cuestionarse que existen cataclismos y catástrofes que se repiten periódicamente en el universo y a la escala más temible. Se dan, por ejemplo, explosiones de quásares que posiblemente arrasen los núcleos de

las galaxias. Parece probado que cada vez que explosiona un quásar, saltan por los aires más de un millón de mundos y que innumerables formas de vida, algunas de ellas inteligentes, quedan brutalmente destruidas. No es ese el universo tradicionalmente benigno de la religiosidad convencional de Occidente, construido para el provecho de los seres vivos y, en particular, de los hombres. De hecho, las enormes dimensiones del universo —más de cien mil millones de galaxias, cada una de las cuales contiene más de cien mil millones de estrellas— ponen de manifiesto la inconsecuencia de los acontecimientos humanos en el contexto cósmico. Vemos al mismo tiempo un universo muy bello y muy violento. Vemos un universo que no excluye al dios tradicional de Oriente u Occidente, pero que tampoco requiere uno.

Creo intensamente que si existe un dios o algo por el estilo, nuestra curiosidad y nuestra inteligencia han de ser proporcionadas por ese dios. Seríamos desagradecidos para con esos dones (así como incapaces de emprender ese tipo de acción) si suprimiésemos nuestra pasión por explorar el universo y a nosotros mismos. Por otro lado, si ese dios tradicional no existe, nuestra curiosidad y nuestra inteligencia son las herramientas fundamentales para procurarnos la supervivencia. En ambos casos la empresa del conocimiento es coherente tanto con la ciencia como con la religión y resulta esencial para el bienestar de la especie humana.

CAPÍTULO 24

GOTT Y LAS TORTUGAS

Imaginaos ahora este instante en que los murmullos se arrastran discretamente y las espesas tinieblas llenan el gran navío del Universo.

WILLIAM SHAKESPEARE.
Enrique V, acto IV, prólogo

EN LOS PRIMEROS mitos y leyendas de nuestra especie aparece una misma y comprensible visión del mundo: es antropocéntrica. También existían dioses, pero estos tenían sentimientos y debilidades y resultaban muy humanos. Su comportamiento se nos presentaba caprichoso. Podían resultar propicios a través del sacrificio y la oración. Intervenían normalmente en los asuntos humanos. Diversas facciones de dioses prestaban su apoyo a los distintos bandos contendientes en una guerra. La Odisea expresa la idea generalmente aceptada de que es prudente ser amable con los extranjeros; pueden ser dioses disfrazados. Los dioses desposan seres humanos y sus descendientes son indistinguibles, por lo menos en apariencia, de los mortales. Los dioses viven en montañas o en el cielo, o en algún reino subterráneo o submarino; en cualquier caso, lejos de nosotros. Resultaba difícil acercarse a un dios y, por lo tanto, arduo comprobar las historias que se relataban sobre ellos. Algunas veces, sus acciones estaban controladas por seres todavía más poderosos, como las Parcas controlaban a los dioses del Olimpo. La naturaleza del universo como un todo, su origen y su destino, no se consideraban bien comprendidos. En los mitos védicos, aparece la duda, no sólo de si los dioses crearon el mundo, sino también de si sabían quién o qué lo creó. Hesíodo en su Cosmogonía apunta que el universo fue creado a partir del (o tal vez por el) Caos, aunque posiblemente se trate sólo de una metáfora que oculte la dificultad en hallar una solución al problema.

Algunas antiguas visiones cosmológicas asiáticas se acercan mucho a la idea de una regresión infinita de las causas, como puede servir de ejemplo la siguiente historia apócrifa. Un viajante occidental se encuentra con un filósofo oriental y le pide que le describa la naturaleza del mundo:

—Es una gran bola que reposa sobre la espalda de la tortuga del mundo.
—Muy bien, pero, ¿sobre qué se apoya la tortuga del mundo?
—Sobre la espalda de una tortuga todavía mayor.
—Bueno, pero, ¿sobre qué se apoya esta?
—Una pregunta muy sagaz. Pero no hace al caso, señor; siempre hay una tortuga

debajo.

En la actualidad sabemos que vivimos en una diminuta mota de polvo inmersa en un universo inmenso y que nos disminuye. Caso de existir, los dioses no intervienen ya en los asuntos de los hombres. No vivimos en un universo antropocéntrico. Y la naturaleza, el origen y el destino del cosmos parecen ser misterios mucho menos profundos de lo que creían nuestros antepasados remotos.

Pero la situación está cambiando nuevamente. La cosmología (el estudio del universo como un todo) se está convirtiendo en una ciencia experimental. La información obtenida a través de radiotelescopios y telescopios ópticos basados en tierra, telescopios de rayos X y ultravioleta en órbita alrededor de la Tierra, mediciones de reacciones nucleares en el laboratorio y determinaciones de la abundancia de los elementos químicos en los meteoritos, está estrechando el campo de las posibles hipótesis cosmológicas; y no parece excesivo esperar que pronto podamos disponer de respuestas a preguntas que antaño se consideraban del dominio exclusivo de la especulación filosófica y teológica.

Esta revolución observacional tiene su punto de partida en una fuente poco frecuente. En la segunda década del presente siglo hubo —y sigue habiendo— en Flagstaff, Arizona, un medio astronómico llamado Observatorio Lowell, fundado por Percival Lowell, como no podía ser de otra manera. Para Lowell, la búsqueda de vida en otros planetas era una pasión que le consumía; fue también quien popularizó y promovió la idea de que Marte estaba cruzado por canales, que creía construidos por una raza de seres enamorados de la ingeniería hidráulica. Ahora sabemos que los canales no existen en absoluto; fueron el producto de un pensamiento deseoso de que así fuera y de las limitaciones de observación impuestas por la turbulenta atmósfera terrestre.

Entre otras cuestiones, Lowell estaba muy interesado por las nebulosas espirales, exquisitos objetos celestes luminosos en forma de molinete, de los que hoy sabemos que son conjuntos muy alejados de centenares de miles de millones de estrellas individuales. Un ejemplo cercano es la galaxia de la Vía Láctea, de la que forma parte nuestro Sol. Pero por aquella época no había forma de determinar la distancia a esas nebulosas, y Lowell se interesó por una hipótesis alternativa: la de que las nebulosas espirales no eran entidades multiestelares, enormes y distantes, sino objetos más próximos y bastante pequeños, que serían los primeros estadios de la condensación de una estrella individual a partir del gas y el polvo interestelar. A medida que esas nubes de gas se contraían por autogravitación, la conservación del momento angular exigía que aumentaran su velocidad hasta adquirir una rotación rápida, convirtiéndolas en un disco plano. La rotación rápida puede detectarse astronómicamente mediante espectroscopia, dejando que la luz procedente de un objeto alejado pase consecutivamente por un telescopio, una rendija y un prisma de

vidrio o cualquier otro instrumento que descomponga la luz blanca dando un arco iris de colores. El espectro de la luz estelar contiene rayas brillantes y oscuras diseminadas por el arco iris, que son las imágenes de la rendija del espectrómetro. Un ejemplo de ello lo constituyen las brillantes rayas amarillas emitidas por el sodio, que aparecen cuando sumergimos un trozo de sodio en la llama. Si la materia está constituida por elementos químicos muy diversos presentará rayas espectrales muy diversas. Cuando la fuente luminosa está en reposo, el desplazamiento de estas rayas espectrales desde sus longitudes de onda habituales nos proporciona información acerca de la velocidad de la fuente al separarse de nosotros o acercarse. Este fenómeno es llamado efecto Doppler, y en la física del sonido se presenta en forma de incremento o disminución de la tonalidad del ruido del motor de un automóvil según éste se acerca o se aleja rápidamente de nosotros.

Se dice que Lowell pidió a uno de sus jóvenes ayudantes, V. M. Slipher, que comprobase si uno de los bordes de la mayor nebulosa espiral presentaba rayas espectrales desplazadas hacia el rojo y el otro hacia el azul, con lo cual podría deducirse la velocidad de rotación de la nebulosa. Slipher investigó los espectros de las nebulosas espirales más próximas y encontró con sorpresa que casi todos ellos presentaban un desplazamiento hacia el rojo, sin presencia de desplazamientos hacia el azul en ninguna de ellas. No encontró rotación sino recesión. Era como si todas las nebulosas espirales se alejasen de *nosotros*.

Edwin Hubble y Milton Humason realizaron una serie mucho más completa de observaciones en los años 20 desde el Observatorio de Mount Wilson, e idearon un método para determinar la distancia de las nebulosas espirales; quedó patente entonces que no eran nubes de gas en condensación relativamente próximas a la Galaxia de la Vía Láctea, sino grandes galaxias a millones de años luz o más. Con sorpresa descubrieron que, cuanto más lejos estaba la galaxia, más se alejaba de nosotros. Como es muy improbable que nuestra posición en el cosmos tenga algo de especial, esa situación sólo puede entenderse en función de una expansión general del universo: todas las galaxias se alejan entre sí, de forma que un astrónomo situado en cualquier galaxia observará que todas las demás siempre se alejan de él.

Si extrapolamos al pasado esa recesión mutua, encontramos que debió haber habido una época —hace unos 15 ó 20 mil millones de años— en que todas las galaxias tendrían que haber estado «tocándose», es decir, confinadas en un volumen del espacio extremadamente pequeño. La materia en su forma actual no sería capaz de soportar una compresión tan fuerte. Las primeras etapas de ese universo en expansión habrán estado dominadas por la radiación y no por la materia. Ya se ha generalizado la utilización del término *Big Bang* para designar ese período.

Se han propuesto tres explicaciones para esa expansión del universo: las cosmologías del Estado Estable, del Big Bang y del Universo Oscilante. En la

hipótesis del Estado Estable, las galaxias se alejan entre sí y las más alejadas se desplazan a velocidades aparentes muy elevadas, desplazándose su luz por efecto Doppler hacia longitudes de onda cada vez mayores. Habrá una distancia en la que una galaxia se desplazará tan deprisa que alcanzará su horizonte de acontecimientos y desde nuestro punto de vista, desaparecerá. Existe una distancia tan grande que, en un universo en expansión, no existe la posibilidad de obtener información de más allá. A medida que transcurre el tiempo, si no ocurre nada más, irán desapareciendo cada vez más galaxias por el borde. Pero en la cosmología del Estado Estable, la materia que se pierde por el borde queda compensada exactamente por nueva materia que se va creando continuamente en cualquier punto, materia que puede llegar a condensarse en galaxias. Con un grado de desaparición de galaxias por el horizonte de acontecimientos contrarrestado por el de creación de nuevas galaxias, el universo siempre parece prácticamente el mismo desde cualquier lugar y en cualquier época. En la cosmología del Estado Estable, no hay Big Bang. Hace cien mil millones de años, el universo debía parecerse mucho al de ahora y así será dentro de cien mil millones de años más. Pero, ¿de dónde viene la materia nueva? ¿Cómo puede crearse materia de la nada? Los adeptos de la cosmología del Estado Estable responden que del mismo sitio en el que los adeptos del Big Bang encuentran su «Bang». Si podemos concebir que toda la materia se crease discontinuamente de la nada hace 15 ó 20 mil millones de años, ¿por qué somos reticentes a imaginar que se crea constantemente, en cualquier lugar y para siempre, de forma paulatina? Si la hipótesis del Estado Estable es verdadera, nunca las galaxias han estado más juntas. Por tanto, el universo es inimitable e infinitamente viejo.

Pero aún a pesar de lo plácida y, cosa curiosa, lo satisfactoria que es la cosmología del Estado Estable, existen fuertes indicios en su contra. Cuando se apunta un radiotelescopio sensible a cualquier punto del cielo, puede detectarse un ruido cósmico constante. Las características de ese ruido de radio corresponden casi plenamente a lo que cabría esperar si el universo primitivo fuese caliente y estuviese repleto de radiación además de materia. La radiación cósmica del cuerpo negro es prácticamente la misma en cualquier lugar del cielo y se parece mucho al lejano retumbar del Big Bang, enfriado y atenuado por la expansión del universo, pero todavía en circulación por los pasillos del tiempo. La bola de fuego primigenia, el acontecimiento explosivo que dio inicio al universo en expansión, puede ser observado. Los adeptos de la cosmología del Estado Estable se ven reducidos, en la actualidad, a situar un gran número de fuentes especiales de radiación que globalmente puedan reproducir con fidelidad la bola de fuego primigenia enfriada. O incluso a proponer que el universo, más allá del horizonte de acontecimientos, se encuentra en estado estable; pero que, por un accidente singular, vivimos en una especie de pompa en expansión, un grano violento en un universo mucho más amplio,

pero mucho más plácido. Esta idea tiene la ventaja o la desventaja, según el punto de vista, de ser imposible de refutar mediante cualquiera de los experimentos que podamos imaginar. Pero de hecho, prácticamente todos los cosmólogos han abandonado la hipótesis del Estado estable.

Si el universo no se encuentra en estado estable, entonces está cambiando. Las cosmologías evolutivas describen esos universos cambiantes: empiezan en un estado y acaban en otro. ¿Cuáles son los posibles destinos del universo en las cosmologías evolutivas? Si el universo continúa expandiéndose a su ritmo actual y las galaxias continúan desapareciendo por el horizonte de acontecimientos, cada vez habrá menos materia en el universo visible. Las distancias entre las galaxias aumentarán y cada vez habrá menos galaxias espirales que puedan ser observadas por los sucesores de Slipher, Hubbell y Humason. Eventualmente, hasta la más próxima llegará a superar el horizonte de acontecimientos y los astrónomos dejarán de poder verla, excepto en fotografías y libros (muy) viejos. Debido a la gravedad que mantiene unidas las estrellas de nuestra galaxia, el universo en expansión no va a disiparla, pero también aquí nos aguarda una suerte extraña y desoladora. Las estrellas irán evolucionando, y dentro de centenares o miles de miles de millones de años la mayoría de las estrellas comunes se habrán convertido en pequeñas enanas negras. El resto, las más grandes, habrán colapsado en estrellas de neutrones o en agujeros negros. No habrá nueva materia para una vigorosa generación de jóvenes estrellas. El Sol, las estrellas, en suma toda la Galaxia de la Vía Láctea se irá apagando lentamente. Las luces nocturnas del cielo dejarán de ser.

Pero en ese universo todavía hay una evolución posible. Todo el mundo ha oído hablar de elementos radiactivos; son ciertos tipos de átomos que se desintegran espontáneamente. El uranio es uno de ellos. Pero no todo el mundo sabe que *cualquier* átomo, excepto el hierro, es radiactivo, dado un periodo de tiempo lo suficientemente largo. Incluso los átomos más estables se desintegrarán radiactivamente, si esperamos lo suficiente. Pero, ¿cuánto tiempo? El físico norteamericano Freeman Dyson, del *Institute for Advanced Study*, ha calculado que la vida media del hierro es de unos 10^{500} años, un uno seguido de quinientos ceros (un número tan grande que un experto en números tardará casi diez minutos en escribirlo). Pues bien, si esperamos un poco más —para el caso, bastaría con 10^{600} años— no sólo habrán desaparecido las estrellas, sino que toda la materia del universo que no estuviese en estrellas de neutrones o agujeros negros se habrá desintegrado en polvo nuclear. Eventualmente, las galaxias también habrán desaparecido. Los soles se habrán oscurecido, la materia desintegrado y no quedaría ningún resquicio para la supervivencia de la vida o la inteligencia, o la civilización. Una muerte fría, oscura y desoladora del universo.

Pero, ¿necesita expandirse siempre el universo? Si estoy en un pequeño asteroide

y lanzo una piedra hacia arriba, ésta podría abandonar el asteroide si en ese mundo no hay la suficiente gravedad como para hacer regresar la roca. Si lanzamos la misma roca a la misma velocidad desde la superficie de la Tierra, obviamente volverá a caer debido a la intensa gravedad existente en nuestro planeta. Pero la misma ley física sirve para todo el conjunto del universo. Si hay menos de una cierta cantidad de materia, cada galaxia experimentará una atracción gravitatoria insuficiente desde las demás galaxias como para frenarla, y la expansión del universo proseguirá indefinidamente. Por otro lado, si existe masa por encima de ese valor crítico, la expansión irá atenuándose eventualmente y nos salvaremos de la desoladora teleología de un universo en continua expansión.

¿Cuál sería en este caso el destino del universo? Un observador eterno podría ver que la expansión se va deteniendo y convirtiendo gradualmente en contracción, mientras las galaxias se van acercando entre sí a un ritmo cada vez mayor, haciendo pedazos galaxias, mundos, vida, civilizaciones y materia, hasta que cualquier estructura del universo sea totalmente destruida y toda la materia del cosmos convertida en energía: en lugar de un universo que culmine en una tenue y fría desolación, tenemos aquí un universo que se acaba en una densa y caliente bola de fuego. Es muy probable que esa bola de fuego rebote de nuevo hacia afuera, produciendo una nueva expansión del universo y una nueva encarnación de la materia, una nueva serie de condensaciones de galaxias y estrellas y planetas, una nueva evolución de la vida y la inteligencia. Pero la información de nuestro universo no penetrará en el siguiente, por lo que desde nuestra perspectiva esta cosmología oscilante proporciona un final tan definitivo y deprimente como la expansión que nunca acaba.

La diferencia entre un Big Bang con expansión indefinida y un Universo Oscilante estriba en la cantidad de materia existente. Si se supera la cantidad crítica, vivimos en un Universo Oscilante. Y si no, vivimos en un universo que se expande indefinidamente. Los tiempos de expansión, medidos en decenas de miles de millones de años, son tan largos que no afectan a ninguna preocupación humana inmediata. Pero son de la mayor importancia para nuestra visión de la naturaleza, del destino del universo y —sólo un poco más remotamente— de nosotros mismos.

Un importante artículo científico publicado el 15 de diciembre de 1974 en *Astrophysical Journal* aporta datos observacionales que aclaran la cuestión de si el universo continuará expansionándose indefinidamente (un universo «abierto») o si irá desacelerándose progresivamente hasta volver a contraerse (un universo «cerrado»), posiblemente formando parte de una serie infinita de oscilaciones. El trabajo fue realizado por J. Richard Gott III y James E. Gunn, ambos por entonces en el *California Institute of Technology* y David N. Schramm y Beatrice M. Tinsley, por entonces en la Universidad de Texas. En uno de sus argumentos, revisaron los

cálculos de la cantidad de masa en las galaxias y en el espacio interestelar en regiones del espacio «cercanas» y bien observadas, y extrapolaron los datos al resto del universo: encontraron que no habría materia suficiente como para atenuar la expansión.

El hidrógeno normal posee un núcleo con un único protón. El hidrógeno pesado, llamado deuterio, posee un núcleo con un protón y un neutrón. El telescopio astronómico *Copernicus*, en órbita, ha medido por primera vez la cantidad de deuterio entre las estrellas. El deuterio debe haberse fabricado en el Big Bang en una cantidad que depende de la densidad primitiva del universo. Esta densidad primitiva guarda relación con la densidad actual del universo. La cantidad de deuterio determinada por el *Copernicus* supone un valor de la densidad inicial del universo que es insuficiente para evitar que siga expandiéndose para siempre.[24] Y lo que se considera el mejor valor de la constante de Hubble —que especifica la mayor velocidad de alejamiento de las galaxias más alejadas respecto de las más próximas— es coherente con todo ello.

Gott y sus colegas hicieron mucho hincapié en la existencia de numerosas lagunas en su argumento. Podría ocurrir que la materia intergaláctica estuviese escondida de forma tal que no pudiésemos detectarla. De hecho, ya empezamos a disponer de indicios sobre la presencia de esa masa escondida. Los Observatorios Astronómicos de Alta Energía (HEAO) son un conjunto de satélites en órbita alrededor de la Tierra que barren el universo buscando las partículas y la radiación que no podemos leer desde aquí, bajo nuestra espeso manto de aire. Los satélites de ese tipo han detectado una intensa emisión de rayos X procedente de cúmulos galácticos y de los espacios intergalácticos en los que, hasta ahora, no existían indicios de materia. Un gas extraordinariamente caliente situado entre las galaxias resultaría invisible por cualquier otro método experimental, y por ende no figuraría en el inventario de materia cósmica elaborado por Gott y sus colegas. Pero aún más: los estudios radioastronómicos llevados a cabo desde el Observatorio de Arecibo en Puerto Rico han demostrado que la materia de las galaxias se extiende mucho más allá de la luz óptica procedente de los bordes aparentes de las galaxias. Cuando miramos la fotografía de una galaxia, vemos un borde más allá del cual no parece haber más materia. El radiotelescopio de Arecibo ha encontrado que la materia pierde el brillo muy lentamente y que existe una cantidad importante de materia oscura en la vecindad y en el exterior de las galaxias, materia que no había sido contabilizada en los registros previos.

La cantidad de materia extra que se necesita para que el universo revierta su expansión es muy importante; viene a equivaler a unas treinta veces la cantidad de materia contabilizada en los inventarios habituales, como el realizado por Gott. Pero puede ocurrir que el gas y el polvo oscuros que se encuentran en las proximidades de

las galaxias, y el gas sorprendentemente caliente que emite rayos X entre las galaxias constituyan entre ellos un volumen de materia suficiente como para frenar el universo y evitar que éste se expanda indefinidamente. Todavía no puede decirse nada definitivo. Las observaciones de deuterio parecen apuntar en el otro sentido. Nuestras recopilaciones de masa distan mucho de ser completas, pero a medida que se desarrollen las técnicas de observación, iremos adquiriendo una capacidad creciente para detectar la masa ausente, y entonces el péndulo podría oscilar hacia un universo cerrado.

Me parece aconsejable que no nos formemos un criterio definitivo al respecto de forma demasiado prematura. Posiblemente resulte mejor evitar que nuestras preferencias personales influyan en la decisión. En lugar de ello, y en la mejor tradición de aquella ciencia que ha conseguido grandes éxitos, deberíamos potenciar que fuese la propia Naturaleza la que nos revelase la verdad. Pero el ritmo de los descubrimientos se va acelerando. La naturaleza del universo que va surgiendo de la cosmología experimental moderna es muy distinta de la que conocían los griegos, que especulaban con el universo y los dioses. Al haber evitado el antropocentrismo, al haber tenido en cuenta de forma real y desapasionada todas las posibilidades, podría ocurrir que en las próximas décadas determinásemos rigurosamente, por primera vez, la naturaleza y el destino del universo. Y entonces veremos si Gott sabe o no.[25]

CAPÍTULO 25

EL UNIVERSO AMNIÓTICO

> Para un hombre es tan natural morir como nacer; y para un niño pequeño, tal vez, lo uno es tan penoso como lo otro.
>
> FRANCIS BACON, *Of Death* (1612)

> La cosa más bella que podemos experimental es lo misterioso. Es la fuente de toda verdad y ciencia. Aquel para quien esa emoción es ajena, aquel que ya no puede maravillarse y extasiarse ante el miedo, vale tanto como un muerto: sus ojos están cerrados… Saber que lo impenetrable para nosotros existe realmente, manifestándose como la prudencia máxima y la belleza más radiante que nuestras torpes capacidades pueden comprender tan solo en sus formas más primitivas… este conocimiento, este sentimiento, se encuentra en el centro de la verdadera religiosidad. En ese sentido, y sólo en ese sentido, pertenezco a las filas de los hombres religiosos devotos.
>
> ALBERT EINSTEIN, *Lo que creo* (1930)

WILLIAM WOLCOTT murió y subió al cielo. O eso parecía. Antes de que le llevasen al quirófano, le hicieron saber que la intervención quirúrgica comportaba un cierto riesgo. La operación fue un éxito, pero cuando la anestesia dejaba de producir sus efectos, su corazón entró en fibrilación y murió. Le pareció que, de alguna manera, había dejado su cuerpo y era capaz de situarse por encima de él… Lo vio debajo suyo, marchito y patético, cubierto tan sólo por una sábana, tumbado sobre una superficie dura e implacable. Se puso algo triste; miró su cuerpo por última vez —desde una gran altura, según le pareció— y prosiguió su viaje hacia arriba. Su entorno estaba sumido en una extraña oscuridad penetrante, pero se dio cuenta de que todo se estaba volviendo más brillante a medida que subía. Luego divisó una luz en la lejanía, una luz muy intensa. Penetró en una especie de reino radiante y allí mismo, justo por encima de él, pudo percibir una silueta, magníficamente iluminada desde atrás, una gran figura venerable a la que se iba aproximando sin esfuerzo. Wolcott se esforzó por ver Su cara…

Y entonces despertó. En el hospital le habían aplicado a toda velocidad el desfibrilador y acababa de resucitar en el último instante. En realidad, su corazón había dejado de latir y, según algunas definiciones de un proceso poco comprendido, había muerto. Wolcott quedó convencido de haber muerto verdaderamente, de que se le había otorgado permiso para dar una ojeada a la vida después de la muerte para tener una confirmación de la teología judeocristiana.

A lo largo y ancho del mundo se han producido experiencias parecidas, hoy en día muy documentadas por médicos y otros. Estas Epifanías peritanáticas (próximas a la

muerte) han sido experimentadas no sólo por personas de religiosidad occidental sino también por hindúes, budistas y escépticos. Es posible que muchas de nuestras ideas convencionales acerca del cielo procedan de experiencias próximas a la muerte de ese tipo, que habrán ido produciéndose a lo largo de los milenios. Ninguna noticia podía ser más interesante o más esperanzadora que la relatada por un muerto regresado: la explicación de que hay un viaje y una vida después de la muerte, de que hay un Dios que nos espera y de que al morir nos sentimos agradecidos y elevados, aterrados y anonadados.

Por lo que yo sé, estas experiencias pueden ser exactamente lo que representan, así como una justificación de la piadosa fe que tantas veces ha sufrido los embates de la ciencia en los últimos siglos. A mí personalmente me gustaría mucho que existiese una vida después de la muerte, en especial si eso fuera a permitirme seguir aprendiendo sobre este mundo y otros, si me proporcionara la posibilidad de descubrir cómo se desarrolla la historia. Pero también soy un científico y, por lo tanto, pienso también en otras explicaciones posibles. ¿Cómo puede ser que personas de todas las edades, culturas y predisposiciones escatológicas, experimenten las mismas experiencias estando próximos a la muerte?

Sabemos que esas experiencias pueden inducirse con bastante regularidad, de forma contracultural, a través de las drogas psicodélicas.[26] Las experiencias de abandono del cuerpo son inducidas por sustancias anestésicas disociativas como las cetaminas [2-(o-clorofenil)-2-(metil-amino) ciclohexanonas]. La ilusión de volar es inducida por la atropina y otros alcaloides extraídos de la belladona, y esas moléculas obtenidas de la mandrágora o del estramonio han sido utilizadas normalmente por las brujas europeas y los *curanderos*[27] norteamericanos para gozar, en el trance del éxtasis religioso, de un vuelo placentero y glorioso. La MDA [2,4-metilendioxianfetamina] tiende a provocar una regresión de edad, un acceso a experiencias juveniles e infantiles que considerábamos totalmente olvidadas. La DNT [N,N-dimetiltriptamina] provoca *micropsia* y *macropsia*, las sensaciones de que el mundo se encoge o se expande, respectivamente; algo parecido a lo que le pasa a Alicia después de obedecer las instrucciones escritas sobre los pequeños recipientes que dicen: «Cómeme» o «Bébeme». El LSD [dietilamida del ácido lisérgico] provoca una sensación de unión con el universo, como en la identificación de Brahma con Atman en el sistema de creencias hindú.

¿Es posible que dispongamos previamente en nuestra psiquis de la experiencia mística hindú y que sólo necesitemos 200 microgramos de LSD para ponerla de manifiesto? Si se segrega algo parecido a la cetamina en momentos de peligro mortal y los que regresan de una experiencia de ese tipo siempre cuentan el mismo relato del cielo y de Dios, ¿no debe haber acaso una forma en que las religiones occidentales, así como las orientales, estén grabadas en la arquitectura neuronal de nuestros

cerebros?

Resulta difícil pensar que la evolución haya buscado seleccionar algunos cerebros predispuestos a tales experiencias, ya que parece ser que nadie muere ni deja de reproducir un deseo de fervor místico. ¿Pueden deberse esas experiencias inducidas por drogas únicamente a algún defecto evolutivo de conexiones cerebrales que, ocasionalmente, hace aparecer percepciones alteradas del mundo? A mi criterio, esa posibilidad es extremadamente poco plausible y tal vez no sea sino un desesperado intento racionalista de evitar un encuentro frontal con lo místico.

La única alternativa que se me ocurre es la de que todo ser humano sin excepción ya debe haber sufrido una experiencia similar a la de los viajeros que regresan de la tierra de la muerte, la sensación de vuelo, el paso de la oscuridad a la luz. Una experiencia en la que, al menos en algunas ocasiones, puede entreverse una figura heroica, bañada en resplandor y gloria. Esa experiencia común a todos es el *nacimiento*.

Stanislav Grof, médico y psiquiatra, fue el primero en utilizar LSD y otras drogas psicodélicas en estudios de psicoterapia. Su trabajo es bastante anterior a la cultura de la droga en Norteamérica; se inició en Praga, Checoslovaquia en 1956, prosiguiendo años más tarde en Baltimore, Maryland. Es probable que Grof posea más experiencia científica continuada sobre los efectos de las drogas psicodélicas en pacientes que ningún otro terapeuta.[28] Sostiene que, así como el LSD puede utilizarse con fines recreativos y estéticos, también puede tener otros efectos más profundos, uno de los cuales es el recuerdo preciso de experiencias perinatales. «Perinatal» es un neologismo que significa «próximo al nacimiento», y no se refiere sólo a los momentos posteriores al nacimiento, sino también a los anteriores. Es del mismo tipo que peritanático, próximo a la muerte. Grof dispone de historias clínicas de muchos pacientes que, tras una serie adecuada de sesiones, vuelven a experimentar realmente experiencias profundas de los tiempos perinatales, ocurridas hace mucho tiempo y previamente consideradas imposibles de refrescar por nuestra imperfecta memoria. De hecho es una experiencia bastante habitual con LSD, no limitada a los pacientes de Grof.

Grof distingue cuatro estadios perinatales, cubiertos por la terapia con fármacos psicodélicos. El Estadio 1 es el de la complacencia dichosa del niño en el seno, libre de cualquier ansiedad y centro de un pequeño universo oscuro y caliente —un cosmos en una bolsa amniótica—. En ese estado intrauterino, parece ser que el feto experimenta algo muy parecido al éxtasis oceánico descrito por Freud como una de las fuentes de la sensibilidad religiosa. Evidentemente, el feto se mueve. Posiblemente justo antes de nacer esté bien alerta, tal vez más incluso que justo después de nacer. No parece imposible que podamos recordar de manera imperfecta

ese edén, esa edad de oro cuando cualquier necesidad —de alimentos, oxígeno, calor y expulsión de restos— quedaba cubierta automáticamente por un sistema de apoyo a la vida soberbiamente diseñado. Un estado que, en una reposición más o menos precisa, se describe como «estar fundido con el universo».

En el Estadio 2 se inician las contracciones uterinas. La base del estable ambiente intrauterino, las paredes a las que se fija la bolsa amniótica, se vuelven traidoras. El feto es comprimido terriblemente. El universo parece pulsar; un mundo benigno se convierte de repente en una cámara de tortura. Las contracciones pueden durar horas, y se presentan en forma intermitente. A medida que pasa el tiempo, aumenta su intensidad. No hay posibilidad de que cesen. El feto no ha hecho nada para merecer esa suerte; es un inocente cuyo cosmos se le ha vuelto en contra, proporcionándole una agonía en apariencia sin fin. La dureza de esa experiencia es evidente para cualquiera que haya visto una distorsión craneal neonatal, la que sigue apreciándose bastantes días después del nacimiento. Así como es fácil comprender una fuerte motivación por borrar decididamente toda traza de esa agonía, ¿no es posible admitir que resurja acaso, bajo determinadas condiciones? Acaso, sugiere Grof, el vago y reprimido momento de esa lejana experiencia puede incitar fantasías paranoicas. Incluso puede explicar nuestras humanas predilecciones por el sadismo y el masoquismo, por la identificación entre asaltante y víctima, por ese gusto infantil por la destrucción. Grof indica que las reposiciones en el siguiente estadio están relacionadas con imágenes de mareas y terremotos, las imágenes análogas en el mundo físico a la traición intrauterina.

El Estadio 3 es el final del proceso del nacimiento, cuando la cabeza de la criatura se ha introducido en la cérvix y, a través de sus párpados cerrados, percibe un túnel iluminado en su extremo por el radiante esplendor del mundo extrauterino. El descubrimiento de la luz realizado por una criatura que ha vivido toda su existencia en la oscuridad debe constituir una experiencia profunda e inolvidable. Y allí se entrevé confusamente, por la poca resolución de los ojos del recién nacido, una figura enorme parecida a un dios, rodeada de un halo de luz (la comadrona, el médico o el padre). Al término de un trabajo monstruoso, el bebé vuela desde el universo intrauterino y se eleva hacia las luces y los dioses.

El Estadio 4 es la época inmediatamente posterior al nacimiento, cuando ya se ha disipado la apnea perinatal, cuando la criatura es fajada y cubierta, acariciada y alimentada. Si estos supuestos de Grof son acertados, el contraste entre los Estadios 1 y 2 y los Estadios 2 y 4, en una criatura totalmente desprovista de otras experiencias, debe ser profundo y sorprendente; y la importancia del Estadio 3, como tránsito entre la agonía y, cuando menos, un tierno simulacro de la unidad cósmica del Estadio 1, debe ejercer una poderosa influencia en la visión posterior del mundo que tendrá esa criatura.

Evidentemente, cabe todo el escepticismo que se quiera en la explicación de Grof y en mi versión de ella. Hay muchas preguntas que responder. ¿Son capaces de acordarse del Estadio 2 las criaturas nacidas por cesárea? Al ser sometidas a tratamiento con fármacos psicodélicos, ¿reproducen menos imágenes de terremotos y mareas catastróficas que las nacidas en partos normales? Y contrariamente, ¿son más propensas a contraer el peso psicológico del Estadio 2 las criaturas nacidas tras contracciones uterinas especialmente dolorosas inducidas al «trabajo electivo» por la hormona oxitocina?[29] Si a la madre se le proporciona un fuerte sedante, ¿recordará la criatura, al alcanzar la madurez, una transición muy distinta desde el Estadio 1 directamente al Estadio 4, sin hacer nunca un relato radiante en una experiencia peritanática? ¿Pueden los neonatos resolver una imagen en el momento del nacimiento o son tan sólo sensibles a la luz y a la oscuridad? ¿Puede ser que la descripción, en una experiencia próxima a la muerte, de un dios brillante y cubierto de pelo sea una reposición perfeccionada de una imagen neonatal imperfecta? ¿Se seleccionaron los pacientes de Grof entre la más amplia serie posible de seres humanos, o están restringidos los relatos a un subconjunto no representativo de la comunidad humana?

Es fácil comprender que puede haber más objeciones personales a esas ideas. Una resistencia parecida tal vez a ese tipo de chauvinismo que se detecta en algunas justificaciones de las costumbres gastronómicas de los carnívoros: las langostas marinas no tienen sistema nervioso central; no les sabe mal que las dejen caer vivas en el agua hirviendo. Bien, es posible. Pero los aficionados a las langostas tienen evidente interés en favor de esa hipótesis concreta sobre la neurofisiología del dolor. De igual forma, me pregunto si los adultos no tienen un marcado interés por creer que las criaturas sólo poseen poderes de percepción y memoria muy limitados, que no existe forma en que la experiencia del nacimiento pueda ejercer una influencia profunda y, en particular, una influencia profundamente negativa.

Si Grof está efectivamente en lo cierto, debemos preguntarnos por qué son posibles esos recuerdos. Por qué, si la experiencia perinatal ha producido una enorme desdicha, la evolución no ha descartado las consecuencias psicológicas negativas. Hay algunos parámetros que los recién nacidos tienen que cumplir: tienen que ser buenos chupadores; si no, morirían. Deben ser bellos, porque por lo menos en épocas anteriores de la historia humana, las criaturas que de alguna manera parecían atrayentes eran cuidadas con mayor esmero. Pero, ¿deben ver imágenes de su entorno los recién nacidos? ¿Deben recordar los horrores de la experiencia perinatal? ¿En qué sentido hay un valor de supervivencia en ello? La respuesta puede ser la de que los pros superan a las contras; tal vez la pérdida de un universo al que estamos perfectamente ajustados nos estimula poderosamente a cambiar el mundo y a mejorar las condiciones del hombre. Tal vez esta voluntad de esfuerzo y búsqueda que posee

el espíritu humano no existiría si no fuese por los horrores del nacimiento.

Me fascina —y así lo puse de manifiesto en mi obra *Los dragones del Edén*— el hecho de que el dolor del trabajo de parto sea especialmente importante en las madres humanas, debido al enorme crecimiento del cerebro en los últimos millones de años. Pareciera que nuestra creciente inteligencia fuese la fuente de nuestra desdicha; pero también indicaría que nuestra desdicha es la fuente de nuestra fuerza como especie.

Estas ideas pueden arrojar alguna luz sobre el origen y la naturaleza de la religión. La mayoría de las religiones occidentales defienden la existencia de una vida después de la muerte; las orientales hablan de un alivio gracias a un amplio ciclo de muertes y nacimientos. Pero ambas prometen un cielo o un *satori*, una reunión idílica del individuo con el universo, un retorno al Estadio 1. Cada nacimiento es una muerte, cuando la criatura abandona el mundo amniótico. Pero los devotos de la reencarnación sostienen que toda muerte es un nacimiento: una proposición que hubiese podido surgir de experiencias peritanáticas en las que la memoria perinatal fuese identificada como una reposición del nacimiento. («*Oímos un golpe seco en el ataúd. Lo abrimos y resultó que Abdul no había muerto. Se había despertado tras una larga enfermedad que había arrojado sobre él su hechizo, y explicó una extraña historia acerca de haber nacido de nuevo*».)

¿Acaso la fascinación occidental por el castigo y la redención no podría ser un intento de dar algún sentido al Estadio 2 perinatal? ¿No es mejor ser castigado por algo —por muy inverosímil que sea, como el pecado original— que serlo por nada? Y el Estadio 3 se parece mucho a lo que debía ser aquella experiencia común, compartida por todos los seres humanos, implantada en nuestras más tempranas memorias y recuperada en ocasiones, como en las epifanías religiosas, como en esas experiencias próximas a la muerte. Es tentador intentar explicar otros complejos motivos religiosos en esos términos. *In útero* no sabemos prácticamente nada. En el Estadio 2, el feto acumula experiencia sobre lo que muy bien puede llamarse posteriormente el mal (y entonces es empujado a abandonar el útero). Es fascinantemente parecido a comer la fruta del conocimiento del bien y el mal y luego ser «expulsado» del Edén.[30] En la famosa pintura de Miguel Ángel que se encuentra en la bóveda de la Capilla Sixtina, ¿es el dedo de Dios el dedo de un obstetra? ¿Por qué el bautismo, especialmente el antiguo bautismo por inmersión total, se considera generalmente como un nuevo y simbólico nacimiento? ¿Es el agua sagrada una metáfora del líquido amniótico? ¿No es acaso todo el concepto del bautismo y la experiencia de «volver a nacer» un reconocimiento explícito de la relación entre el nacimiento y la religiosidad mística?

Si estudiamos las religiones, que se cuentan por miles en el planeta Tierra, quedaremos impresionados por su enorme diversidad. Y comprobaremos con estupor que algunas de ellas son solemnes tonterías. En los detalles doctrinales, es muy raro

el acuerdo. Pero muchos buenos y grandes hombres y mujeres han afirmado que tras las aparentes divergencias existe una unidad fundamental e importante; debajo de las idioteces doctrinales existe una verdad básica y esencial. Hay dos tipos muy distintos de actitudes ante los principios religiosos. Por un lado están los creyentes —a menudo crédulos— que aceptan a pies juntillas una religión recibida, aun cuando pueda tener inconsistencias internas o estar en grave contradicción con lo que sabemos acerca del mundo externo y de nosotros mismos. Por otro lado están los escépticos estrictos, quienes consideran que todo este sistema es un fárrago de tonterías propias de débiles mentales. Algunos de los que se consideran sobrios racionalistas se resisten a considerar incluso el enorme volumen de experiencias religiosas registradas. Estos conocimientos místicos deben significar algo, pero ¿qué? En conjunto, los seres humanos son inteligentes y creativos, capaces de desentrañar misterios. Si las religiones son fundamentalmente estúpidas, ¿por qué tanta gente cree en ellas?

A lo largo de la historia del hombre las religiones burocráticas se han aliado con las autoridades seglares, y normalmente la tarea de inculcar la fe ha reportado beneficios a los gobernantes de turno. En la India, cuando los brahmanes desearon mantener en la esclavitud a los «intocables», propusieron una justificación divina. Argumentos del mismo tipo fueron utilizados por blancos que se hacían llamar *cristianos* para justificar la esclavitud de los negros en la época previa a la guerra civil en el Sur de Norteamérica. Los antiguos hebreos citaban las directrices y el estímulo de Dios para explicar el pillaje y el asesinato al azar que en algunas ocasiones cometieron sobre pueblos inocentes. En la Edad Media, la Iglesia mantenía viva la esperanza de una vida gloriosa después de la muerte entre aquellos que exigían satisfacción por su situación mísera y baja. Los ejemplos pueden multiplicarse hasta el infinito, hasta incluir a casi todas las religiones del mundo. Puede entenderse fácilmente por qué la oligarquía ha favorecido la religión cuando, como ocurre a menudo, la religión justifica la opresión (como hizo Platón, un decidido defensor de la quema de libros, en La República). Pero, ¿por qué los oprimidos se apuntan igualmente a esas doctrinas teocráticas?

Me parece que la aceptación general de las ideas religiosas sólo puede explicarse pensando que hay algo en ellas que sintoniza con un cierto conocimiento nuestro, algo profundo y melancólico, algo que todos consideramos central para nuestro ser. Mi propuesta es que ese miedo común es el nacimiento. La religión es fundamentalmente mística: los dioses son inescrutables. Los principios religiosos son atrayentes y poco firmes porque, en mi opinión, las percepciones borrosas y las premoniciones vagas son lo más que pueden alcanzar los recién nacidos. Considero que el núcleo místico de la experiencia religiosa no es ni verdadero al pie de la letra, ni perniciosamente equivocado. Es más bien un intento atrevido y defectuoso de

tomar contacto con la experiencia más temprana y profunda de nuestras vidas. La doctrina religiosa es difusa en lo fundamental, ya que ninguna persona en el momento de su nacimiento posee la necesaria capacidad para fijar ideas y volverlas a contar para dar una versión coherente del acontecimiento. Todas las religiones que se han mantenido han debido poseer en sus núcleos algo que entrase en resonancia, no explícita y quizá incluso inconsciente, con la experiencia perinatal. Acaso cuando se desvelen las influencias seculares aparecerá que las religiones que más éxito tienen son aquellas que mejor logran esa resonancia.

Las creencias religiosas han resistido con vigor cualquier intento de explicación racional. Voltaire afirmaba que, de no existir Dios, el hombre se vería obligado a inventarlo; y fue denostado por esa afirmación. Freud propuso que un Dios paternalista es en parte nuestra proyección como adultos de nuestras percepciones natales hacia nuestros padres; a su libro sobre la religión le dio el título de *El porvenir de una ilusión*. No fue tan desdeñado como podríamos pensar por sus opiniones, pero tal vez sólo porque ya había demostrado su capacidad al sobrevivir cuando fue desacreditado por introducir ideas tan escandalosas como la sexualidad infantil.

¿Por qué es tan poderosa en la religión la constante oposición a un discurso racional y al argumento razonado? Creo que se debe, en parte, a que nuestras experiencias perinatales habituales son reales, aunque se resisten a un recuerdo preciso. Los seres humanos, y nuestros antepasados y parientes colaterales, como los hombres de Neanderthal, posiblemente sean los primeros organismos de este planeta que han tenido clara conciencia de la inevitabilidad de nuestro propio final. Moriremos, y tenemos miedo de la muerte. Este miedo es de ámbito mundial y transcultural; posiblemente tenga un considerable valor de supervivencia. Los que desean posponer o evitar la muerte pueden lograrlo mejorando el mundo, reduciendo sus peligros, haciendo hijos que vivan una vez estemos muertos, y creando grandes obras por las que ser recordados. Los que proponen un discurso racional y escéptico sobre temas religiosos aparecen como los contestatarios de la tradicional solución al miedo humano ante la muerte, la hipótesis de que el alma vive tras el fallecimiento del cuerpo.[31] Como la mayoría de nosotros sentimos fuertemente el deseo de no morir, no hacen que nos sintamos cómodos quienes sugieren que la muerte es el final de todo y que la personalidad y el alma de cada uno de nosotros no ha de sobrevivir. Pero la hipótesis del alma y la de Dios son separables; de hecho, existen culturas en las que puede encontrarse una y no la otra. En cualquier caso, no haremos avanzar la causa humana si nos negamos a considerar las ideas que nos inspiran miedo.

No todos los que se plantean preguntas sobre la hipótesis de Dios y la hipótesis del alma son ateos. Un ateo es aquel que tiene la seguridad de que Dios no existe, alguien que dispone de pruebas convincentes en contra de la existencia de Dios. Yo

no conozco esas pruebas convincentes. Dado que Dios puede relegarse a tiempos y lugares remotos y a las últimas causas, tendríamos que saber mucho más acerca del universo de lo que hoy sabemos para estar seguros de que no existe ese Dios. Estar seguros de la existencia de Dios, y estar seguros de la inexistencia de Dios me parecen los extremos definitivos de un tema tan repleto de dudas e incertidumbres, que inspira poca confianza pensar en nada definitivo. Podrán admitirse muchas posiciones intermedias y, teniendo en cuenta la enorme carga emocional que pesa sobre el tema, la herramienta esencial para ir cubriendo nuestra ignorancia colectiva sobre la existencia de Dios es una mente abierta, valiente e indagadora.

Cuando doy conferencias sobre ciencia popular o pseudociencia (como las que menciono en los capítulos 5 al 8 de este libro) me preguntan a veces si no debería aplicarse el mismo tipo de crítica a la doctrina religiosa. Evidentemente, mi respuesta es sí. La libertad religiosa, uno de los pilares sobre los que se fundaron los Estados Unidos, es esencial para la libertad de investigación. Pero no conlleva ninguna inmunidad ante la crítica o la reinterpretación para las propias religiones. Sólo aquellos que formulan preguntas pueden descubrir la verdad. No quiero volver a insistir en si estas relaciones entre la religión y la experiencia perinatal son correctas u originales. Muchas de ellas están, por lo menos, implícitas en las ideas de Stanislav Grof y de la escuelas de psiquiatría, especialmente las de Otto Rank, Sandor Ferenczi y Sigmund Freud. Pero vale la pena pensar un poco en ello.

Es obvio que existen muchas más cosas sobre el origen de la religión que las que sugieren estas sencillas ideas. No propongo que la teología sea simplemente fisiología. Pero, suponiendo que seamos efectivamente capaces de recordar nuestras experiencias perinatales, resultaría sorprendente que no afectasen a lo más profundo de nuestras actitudes ante el nacimiento y la muerte, el sexo y la infancia, los medios y los fines, la causalidad y Dios.

Y la cosmología. Los astrónomos estudiosos de la naturaleza del origen y el destino del universo llevan a cabo observaciones complicadas, describen el cosmos en términos de ecuaciones diferenciales y de cálculo tensorial, examinan el universo barriendo desde los rayos X a las ondas de radio, cuentan las galaxias y determinan sus movimientos y distancias… y cuando todo eso ya está, entonces hay que elegir entre tres puntos de vista distintos: una cosmología de Estado Estable, bienaventurado y quieto; un Universo Oscilante, en expansión y contracción, indefinidamente; y un universo en expansión por *Big Bang*, en el que el cosmos se crea en un acontecimiento violento, bañado en radiación («Hágase la luz») y luego crece y se enfría, evoluciona y se hace inactivo, como vimos en el capítulo anterior. Es llamativo que esas tres cosmologías se parezcan con una precisión torpe y casi embarazosa a las experiencias perinatales humanas de los Estadios 1, 2 y 3 más 4,

respectivamente.

Resulta muy sencillo para los astrónomos modernos reírse de las cosmologías de otras culturas, por ejemplo, de la idea *dogon* de que el universo era incubado en un huevo cósmico (capitulo 6). Pero a la luz de las ideas que acabo de presentar, voy a ser mucho más prudente en mi actitud con respecto a las cosmologías populares: su antropocentrismo es tan sólo algo más sencillo de discernir que el nuestro. ¿No podrían ser una metáfora amniótica las intrigantes referencias babilonias y bíblicas a aguas «por encima y por debajo del firmamento», que Tomás de Aquino se esforzó tan obstinadamente por reconciliar con la física aristotélica? ¿Somos incapaces de construir una cosmología que no sea una críptica descripción matemática de nuestros orígenes personales?

Las ecuaciones de la relatividad general de Einstein admiten una solución en la que el universo se expande. Pero Einstein, inexplicablemente, desestimó esa solución y optó por un cosmos absolutamente estático, incapaz de evolucionar. ¿Es demasiado obtuso preguntarse si ese descuido tenía orígenes perinatales y no matemáticos? Los físicos y astrónomos mantienen una probada resistencia a aceptar las cosmologías *Big Bang* en las que el universo se expande indefinidamente, aunque los teólogos occidentales convencionales están más o menos satisfechos con la perspectiva. ¿Puede entenderse ese debate, basado casi con toda certeza en predisposiciones psicológicas, en términos «grofianos»?

No sé hasta qué punto se parecen las experiencias perinatales personales y los modelos cosmológicos particulares. Supongo que es excesivo esperar que los inventores de la hipótesis del Estado Estable hayan nacido todos por cesárea. Pero las analogías son muchas y la posible conexión entre la psiquiatría y la cosmología parece ser muy real. ¿Puede ocurrir que cualquier forma posible de origen y evolución del universo corresponda a una experiencia perinatal humana? ¿Somos criaturas tan limitadas que nos vemos incapaces de construir una cosmología que difiera sustancialmente de alguno de los estadios perinatales?[32] ¿Está nuestra capacidad por conocer el universo encenagada y atascada sin esperanza en las experiencias del nacimiento y la infancia? ¿Estamos predestinados a recapitular nuestros orígenes al pretender comprender el universo? ¿O acaso las observaciones que vamos realizando nos obligarán gradualmente a acomodamos y a comprender ese amplio y temible universo en el que flotamos, perdidos y valientes, siempre indagando?

Es común que las religiones del mundo atribuyan a la Tierra el carácter de nuestra madre y al cielo el de nuestro padre. Así es con Urano y Gea en la mitología griega, y también entre los nativos americanos, los africanos, los polinesios y, de hecho, entre la mayoría de los pueblos del planeta. Sin embargo, el punto culminante de la experiencia perinatal es el de que *dejamos a nuestras madres*. Lo hacemos primero en

el parto y luego cuando nos establecemos en el mundo por nuestra propia cuenta. Por muy penosos que sean esos abandonos, resultan esenciales para la continuidad de la especie humana. ¿Puede tener algo que ver ese hecho con la atracción casi mística que ejercen los vuelos espaciales, por lo menos en muchos de nosotros? ¿No se trata acaso de un abandono de la Madre Tierra, el mundo de nuestros orígenes, para ir en busca de fortuna entre las estrellas? Esa es precisamente la metáfora visual final de la película *2001: Odisea del espacio*. Konstantin Tsiolkovsky era un maestro de escuela ruso que formuló muchos de los pasos teóricos que se han dado desde entonces en el desarrollo de la propulsión por cohetes y de los vuelos espaciales. Tsiolkovsky escribió: «*La Tierra es la cuna de la humanidad. Pero uno no vive para siempre en la cuna*».

Estamos abocados irremediablemente, en mi opinión, a recorrer un camino que nos lleva a las estrellas (a menos que, en una monstruosa capitulación ante la estupidez y la codicia, nos autodestruyamos primero). Y allí, en las profundidades del espacio, parece muy probable que, antes o después, encontremos otros seres inteligentes. Algunos de ellos estarán menos adelantados que nosotros; otros, posiblemente la mayoría, lo estarán más. Me pregunto si todos esos seres espaciales tendrán nacimientos dolorosos. Los seres más avanzados tendrán aptitudes muy superiores a nuestra capacidad de comprensión. En un sentido muy real, nos parecerán algún tipo de dios. La especie humana tendrá que esforzarse mucho para crecer. Quizá nuestros descendientes en aquellos tiempos remotos volverán hacia atrás sus ojos, hacia el largo y errante viaje que recorriera la raza humana desde sus orígenes vagamente recordados en el lejano planeta Tierra, y recopilarán nuestras historias personales y colectivas, nuestro idilio con la ciencia y la religión, con claridad, comprensión y amor.

APÉNDICES AL CAPÍTULO 7

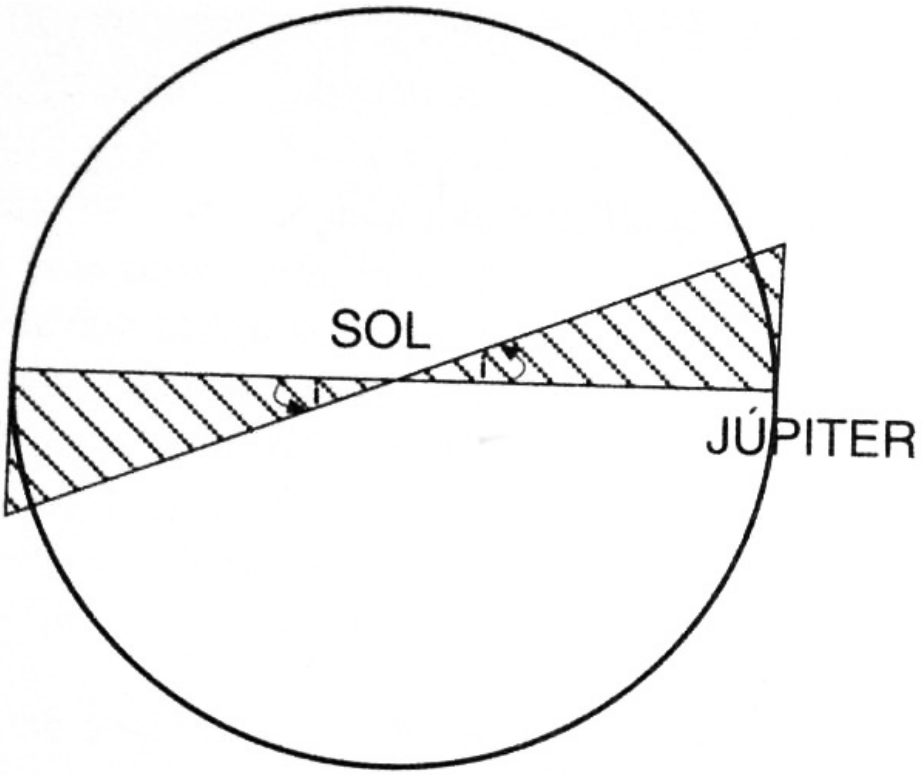
Apéndice 1

Aspectos sencillos de la física de las colisiones; discusión de la probabilidad de una reciente colisión entre la Tierra y un miembro masivo del sistema solar.

Se considera aquí la probabilidad de que un objeto masivo expulsado por Júpiter del tipo considerado por Velikovsky choque con la Tierra. Velikovsky propone que ese cometa pasó rozando o muy cerca de la Tierra. En todo lo que sigue subsumiremos esta idea en la designación «colisión». Sea un objeto esférico de radio R que se desplace por una región en la que haya otros objetos de tamaño parecido. Se producirá una colisión cuando los centros de los objetos estén separados por una distancia 2R. Se puede hablar de una sección eficaz de colisión de $\sigma = \pi(2R)^2 = 4\ \pi\ R^2$; esta es el área del blanco que debe encontrar el centro del objeto en movimiento para que se produzca una colisión. Supongamos que sólo se mueve uno de estos objetos (el cometa de Velikovsky) y que los demás (los planetas del sistema solar interior) están en estado estacionario. Al no considerar el movimiento de los planetas del sistema solar interno se introducen errores inferiores a un factor 2, como puede demostrarse fácilmente. Llamemos *v* a la velocidad del cometa y *n* a la densidad espacial de blancos potenciales (los planetas del sistema solar interno). Las unidades que utilizaremos para R serán los centímetros (cm); mediremos σ en cm^2, *v* en cm/s y *n* en planetas por cm^3 (evidentemente *n* es un número muy pequeño).

Aun a pesar de que la gama de inclinaciones orbitales respecto al plano de la eclíptica es muy extensa en los cometas, tomaremos el punto de vista que resulta más generoso para la hipótesis de Velikovsky y adoptaremos como valor de la inclinación el menor posible. Si no hiciésemos ninguna restricción a la inclinación orbital del planeta, tendría igual probabilidad de estar en cualquier punto de una esfera centrada en el Sol y de radio r = 5 unidades astronómicas (1 u.a. = $1{,}5 \times 10^{13}$ cm), el semieje mayor de la órbita de Júpiter. Cuanto mayor es el volumen en el que puede moverse el cometa, menor es la probabilidad de que colisione con cualquier otro objeto. Debido a la rápida rotación de Júpiter, cualquier objeto eyectado desde el interior de este planeta, tendrá tendencia a desplazarse en el plano ecuatorial del planeta, que presenta una inclinación de 1,2° respecto al plano de revolución de la Tierra alrededor del Sol. Sin embargo, para que el cometa consiga llegar a la parte interna del sistema solar es necesario que la eyección haya sido lo suficientemente enérgica como para que su inclinación orbital, *i*, tome cualquier valor. Así, una cota inferior generosa es *i* = 1,2°. Consideraremos, por tanto, que el cometa se mueve (véase el diagrama) en una órbita contenida en un volumen en forma de cuña y centrado en el Sol (la órbita del cometa ha de tener al Sol en uno de sus focos) y de semiángulo i. Este volumen es

de (4/3) π r^3 sen i = 0,0296 × 10^{40} cm^3, tan sólo el 2 por 100 del volumen de una esfera de radio r. Como en ese volumen hay tres o cuatro planetas (sin tener en cuenta los asteroides), la densidad espacial de blancos que se ajusta a nuestro problema es de unos 10^{-40} planetas/cm^3. Una velocidad relativa típica de un cometa o de cualquier otro objeto que se mueva según una órbita excéntrica en el sistema solar interno es del orden de unos 20 km/s. El radio de la Tierra es R = 6,3 × 10^8 cm, que viene a ser también muy aproximadamente el radio del planeta Venus.



Volumen en forma de cuña ocupado por el cometa de Velikovsky.

Supongamos ahora que enderezamos la trayectoria elíptica del cometa y que T es el tiempo que transcurre hasta colisionar con un planeta. Durante ese tiempo habrá barrido un túnel de volumen σ vT cm^3 y en ese volumen debe encontrarse un único planeta. Pero l/n también representa el volumen que contiene un único planeta. Por tanto, las dos cantidades son iguales y

$$T = (n \sigma v)^{-1};$$

T se llama tiempo libre medio.

En realidad, el cometa se desplaza según una órbita elíptica y el tiempo necesario para colisionar estará influido en cierto modo por las fuerzas gravitatorias. Sin embargo, es fácil demostrar (véase, por ejemplo, Urey, 1951) que para valores típicos de v y excursiones relativamente breves de la historia del sistema solar, como las que considera Velikovsky, los efectos gravitatorios aumentan la sección eficaz de colisión

σ en una pequeña proporción, de forma que, utilizando la ecuación anterior, obtendremos resultados muy próximos a los correctos.

Los objetos que desde las primeras épocas del sistema solar han producido cráteres de impacto en la Luna, la Tierra y los planetas interiores tienen órbitas muy excéntricas: los cometas y, especialmente, los objetos Apollo, que son asteroides o cometas muertos. Mediante ecuaciones sencillas del tiempo libre medio, los astrónomos son capaces de determinar con gran precisión, por ejemplo, el número de cráteres sobre la Luna, Mercurio o Marte, producidos desde la formación de dichos objetos: son los resultados de colisiones fortuitas de un objeto Apollo o, más raramente, de un cometa con la superficie lunar o planetaria. De la misma manera, la ecuación permite predecir correctamente la edad de los cráteres de impacto más recientes sobre la Tierra, como el Meteor Crater en Arizona. Estas concordancias cuantitativas entre la observación y la física de las colisiones proporcionan una buena garantía de que resulta adecuado aplicar estas mismas consideraciones al problema que consideramos.

Ya estamos en condiciones de hacer algunos cálculos relacionados con la hipótesis fundamental de Velikovsky. En la actualidad no hay objetos Apollo de diámetros superiores a algunas decenas de kilómetros. Los tamaños de los objetos del cinturón de asteroides, o de cualquier otro lugar en el que las colisiones determinan los tamaños, pueden conocerse gracias a la física de los choques. El número de objetos en un intervalo de tamaños es proporcional al radio del objeto elevado a una potencia negativa, normalmente comprendida entre 2 y 4. Así pues, si el cometa protoVenus de Velikovsky hubiese sido miembro de alguna familia de objetos del tipo Apollo o cometas, la probabilidades de encontrar un cometa velikovskiano de 6000 km de radio sería mucho menor que una millonésima de la probabilidad de encontrar alguno de 10 km de radio. Un número más verosímil sería mil millones de veces menos probable, pero ofrezcamos el beneficio de la duda a Velikovsky.

Como hay unos diez objetos Apollo de radios superiores a unos 10 km, la probabilidad de que exista un cometa velikovskiano es, por tanto, menor que 100 000 a 1 contra la proposición. La abundancia en estado estable de un objeto de esas características sería (con r = 4 u.a. e i = 1,2°) $n = (10 \times 10^{-5})/4 \times 10^{40} = 2{,}5 \times 10^{-45}$ cometas velikovskianos/cm^3. El tiempo libre medio para chocar con la Tierra sería entonces $T = 1/(n\ \sigma\ v) = l/[(2{,}5 \times 10^{-45}\ \text{cm}^{-3}) \times (5 \times 10^{18}\ \text{cm}^2) \times (2 \times 10^6\ \text{cm s}^{-1}] = 4 \times 10^{21}$ segundos $\cong 10^{14}$ años, lo cual es mucho mayor que la edad del sistema solar (5×10^9 años). Es decir, si el cometa de Velikovsky formase parte de la población de otros restos de colisiones en el sistema solar interior, resultaría un objeto tan raro que, en principio, nunca chocaría con la Tierra.

Pero en lugar de dejarlo aquí vamos a proseguir con la hipótesis de Velikovsky y

nos preguntaremos cuánto tiempo necesita ese cometa, desde su eyección del interior de Júpiter, para colisionar con un planeta en el sistema solar interior. Entonces, *n* es ahora la abundancia [(10^{-40} cm^{-3}) × (5×10^{18} cm^2) × (2×10^6 cm s^{-1})] = 10^{15} segundos ≅ 3×10^7 años. Por tanto, la probabilidad de que un «cometa» de Velikovsky colisione o roce la Tierra en los últimos miles de años es $(3 \times 10^4)/(3 \times 10^7) = 10^{-3}$, es decir, una probabilidad de 1 por 1000 —si es independiente de las demás poblaciones de restos. Si forma parte de dichas poblaciones, la situación empeora hasta $(3 \times 10^4)/10^{14} = 3 \times 10^{-10}$, es decir, una probabilidad de 1 en 30 000 millones.

Una formulación más exacta de la teoría de colisiones orbitales puede encontrarse en un trabajo clásico de Ernst Öpik (1951). Considera un cuerpo blanco de masa m_0 y de elementos orbitales a_0, $e_0 = i_0 = 0$ en órbita alrededor de un cuerpo central de masa *M*. Entonces, un cuerpo de prueba de masa *m* y elementos orbitales *a*, *e*, *i* y un período *P* tiene un tiempo característico *T* antes de aproximarse a una distancia menor que *R* del cuerpo blanco, siendo

$$\frac{T}{P} = \frac{\pi \operatorname{sen} i \, |U_x/U|}{Q^2(1+2(m_0 + m)/MQU)}$$

$$A = a/a_0,\ Q = R/a_0,$$

$$|U_x| = [2 - 1/A - A(1-e^2)]^{1/2}$$

$$U = \{3 - 1/A - 2\,[A(1 - e^2)]^{1/2} \cos i\}^{1/2};$$

siendo U la velocidad relativa «en el infinito» y U_x, su componente sobre la línea de los nodos.

Si R es el radio físico del planeta, entonces,

	Venus	*La Tierra*	*Marte*	*Jupiter*
$Q \times 10_5$	5,6	4,3	1,5	8,8
$2m_0/MQ$	0,088	0,14	0,043	21,6

Aplicando los resultados de Öpik al problema que estamos considerando, las ecuaciones se reducen a la siguiente aproximación:

$$\frac{T}{P} \cong \frac{\pi \operatorname{sen} i}{Q^2}$$

Haciendo P ≅ 5 años (a ≅ 3 u.a.), tenemos

$$T \cong 9 \times 10^9 \text{ sen } i \text{ años},$$

o aproximadamente $\frac{1}{3}$ del tiempo para el recorrido libre medio obtenido mediante los sencillos argumentos mencionados más arriba.

Cabe destacar que en ambos cálculos, una aproximación a menos de N radios terrestres tiene N^2 veces la probabilidad de una colisión física. Así, para N = 10, una aproximación a 63 000 km, los valores anteriores de T han de reducirse en dos órdenes de magnitud. Se trata de $\frac{1}{6}$ de la distancia entre la Tierra y la Luna.

Para reproducir un escenario velikovskiano, se requiere una aproximación mayor: en definitiva, el libro se titula *Worlds in Collision*. En él también se dice que, como resultado del acercamiento de Venus a la Tierra, los océanos se elevaron hasta más de 2500 km. A partir de ahí, yendo hacia atrás, se pueden hacer unos cálculos sencillos utilizando la teoría de las mareas (la altura de la marea es proporcional a M/r^3, siendo M la masa de Venus y r la distancia entre los planetas durante el encuentro) y se deduce que Velikovsky se está refiriendo a colisión de tipo roce: las superficies de la Tierra y Venus se tocaron levemente. Pero conviene señalar que ni siquiera una aproximación de 63 000 km es capaz de hacer compaginar la hipótesis con la física de las colisiones, como se ha visto en este apéndice.

Por último, mencionar que una órbita que corte las de Júpiter y la Tierra presenta una probabilidad elevada de volver a acercarse a Júpiter, el cual expulsaría el objeto fuera del Sistema Solar antes de que pudiese aproximarse a la Tierra —un ejemplo lo constituye la trayectoria del vehículo espacial *Pioneer 10*. Así pues, la existencia actual del planeta Venus debe suponer que el cometa velikovskiano pasó en repetidas ocasiones cerca de Júpiter y que, por tanto, su órbita se circularizó rápidamente. (En el texto se discute el hecho de que no parece existir ninguna forma de alcanzar esa circularización tan rápida). Por eso, Velikovsky debe suponer que el acercamiento del cometa a la Tierra se produjo poco después de que éste fuese expulsado por Júpiter —lo cual concuerda con los cálculos anteriores.

Entonces, la probabilidad de que el cometa alcanzase la Tierra sólo unas decenas de años después de ser expulsado por Júpiter está comprendida entre uno en un millón y uno en tres billones, en los dos casos de pertenencia a poblaciones existentes de restos. Aun cuando supusiéramos que el cometa fue expulsado de Júpiter, como sostiene Velikovsky, y diésemos como buena la poco probable hipótesis de que no estaba relacionado con ninguno de los demás objetos que podemos observar actualmente en el Sistema Solar —es decir, de que los objetos menores nunca son expulsados desde Júpiter—, el tiempo medio para que chocase con la Tierra sería de unos 30 millones de años, lo cual no concuerda con su hipótesis en un factor de 1

millón aproximadamente. Aun dejando que su cometa vagase por el sistema solar interior durante siglos antes de aproximarse a la Tierra, la estadística sigue manifestándose fuertemente adversa a la hipótesis de Velikovsky. Cuando se incluye el hecho de que Velikovsky cree en varias colisiones estadísticamente independientes en unos pocos centenares de años (véase el texto), la probabilidad de que su hipótesis sea cierta se vuelve prácticamente nula. Sus repetidos encuentros planetarios requerirían lo que podría llamarse Worlds in Collusion (Mundos confabulados).

Apéndice 2

Consecuencias de una deceleración repentina de la rotación de la Tierra.

PREGUNTA: Bryan, ¿se ha preguntado alguna vez qué le hubiese sucedido a la Tierra si hubiese estado quieta?

RESPUESTA: No. El Dios en el que creo se hubiese preocupado de ello, Mr. Darrow.

PREGUNTA: ¿No sabe usted que se habría convertido en una masa fundida de materia?

RESPUESTA: Así lo atestigua cuando suba al estrado. Le daré una oportunidad.

The Scopes Trial, 1925

La aceleración gravitatoria que nos mantiene sobre la superficie de la Tierra tiene un valor de 10^3 cm s^{-2} = 1 g. Una desaceleración de a = 10^{-2} g = 10 cm s^{-2} pasa prácticamente inadvertida. ¿Cuánto tiempo, t, tardaría la Tierra en pararse si la deceleración resultante pasase inadvertida? La velocidad angular del ecuador terrestre es $\Omega = 2\,\pi/P = 7{,}3 \times 10^5$ radianes/segundo; la velocidad lineal del ecuador es R Ω = 0,46 km/s. Así, t = R Ω/a = 4600 segundos, algo más de una hora.

La energía específica de rotación de la Tierra es

$$E = \tfrac{1}{2}\, I\, \Omega^2/M \cong \tfrac{1}{5}\,(R\,\Omega)^2 \cong 4 \times 10^8 \text{ erg gm}^{-1},$$

siendo I el momento principal de inercia de la Tierra. Este valor es menor que el calor latente de fusión de los silicatos, $L \cong 4 \times 10^9$ erg gm^{-1}. Así pues, Clarence Darrow se equivocaba acerca de la fusión de la Tierra. Ello no obstante, apuntaba en el sentido correcto: las consideraciones térmicas son fatales para la historia de Josué. Con un calor específico típico de $c_p \cong 8 \times 10^6$ erg gm^{-1} $grad^{-1}$, el paro y la nueva puesta en marcha de la Tierra en un día habría supuesto un incremento *medio* de temperatura de $\Delta T \cong 2E/c_P \cong 100$ °K, lo suficiente como para elevar la temperatura por encima del punto de ebullición normal del agua. Peor todavía hubiese sido cerca de la superficie y a latitudes pequeñas; con v ≅ R Ω, $\Delta T \cong v^2/c_p \cong 240$ °K. Es difícil de creer que los habitantes no hubiesen advertido un cambio climático tan dramático. La deceleración puede ser tolerable si es lo suficientemente gradual, pero no ocurre así con el calor.

Apéndice 3

Temperatura actual de Venus si el planeta hubiese pasado cerca del Sol.

El calentamiento de Venus a causa de un supuesto acercamiento del planeta hacia el Sol y el consiguiente enfriamiento por radiación emitida hacia el espacio son ideas centrales de la tesis de Velikovsky. Pero en ninguna página de su libro aparecen los cálculos, ya sea de la cantidad de calor, ya sea de la velocidad de enfriamiento. Sin embargo, puede hacerse muy fácilmente un cálculo estimativo. Un objeto que roce la fotosfera solar debe desplazarse a velocidades muy elevadas si tiene su origen en el sistema solar exterior: 500 km/s es un valor típico en el paso por el perihelio. Pero el radio del Sol es 7×10^{10} cm. Por tanto, una escala de tiempo típica para el calentamiento del cometa de Velikovsky es $(1{,}4 \times 10^{11}$ cm$)/(5 \times 10^{7}$ cm/s$) \cong 3000$ segundos, lo cual representa menos de una hora. La temperatura más elevada que puede alcanzar el cometa a causa de su acercamiento al Sol es 6000 °K, la temperatura de la fotosfera solar. Velikovsky no presenta otros acontecimientos del tipo del acercamiento al Sol en el caso de su cometa; posteriormente, se transforma en el planeta Venus y enfría el espacio —acontecimientos que ocupan unos 3500 años hasta el momento. Pero tanto el calentamiento como el enfriamiento se producen por radiación, y la física de ambos acontecimientos está controlada de la misma manera por la ley de Stefan-Boltzmann de la termodinámica, según la cual la cantidad de calor y la velocidad de enfriamiento son ambas proporcionales a la cuarta potencia de la temperatura. Así, el cociente entre el incremento de la temperatura experimentado por el cometa en 3000 segundos de calentamiento solar y la disminución de temperatura en sus 3500 años de enfriamiento radiactivo es $(3 \times 10^{3}$ s/ 11^{11} s$)^{¼} = 0{,}013$. La temperatura actual de Venus a partir de esa fuente sería, como máximo, de sólo $6000 \times 0{,}013 = 79$ °K, aproximadamente la temperatura a la que se congela el aire. El mecanismo de Velikovsky no puede mantener caliente a Venus, ni siquiera con una definición generosa de la palabra «caliente».

La conclusión no se vería modificada sustancialmente caso de haberse producido varios acercamientos, en lugar de uno, hasta la fotosfera solar. La fuente de la elevada temperatura de Venus no puede ser uno o varios acontecimientos de calentamientos, por muy dramáticos que sean. La superficie caliente requiere una fuente continua de calor que podría ser endógena (calentamiento radiactivo desde el interior del planeta) o exógena (luz solar). En la actualidad es ya evidente, tal y como fue sugerido hace muchos años (véase Wildt, 1940; Sagan, 1960), que se trata de lo segundo: la radiación del Sol, continuamente recibida por Venus, es la causa de su elevada temperatura superficial.

Apéndice 4

Intensidades del campo magnético necesarias para circularizar una órbita excéntrica de un cometa.

Aunque Velikovsky no lo ha hecho, hemos calculado aproximadamente el orden de magnitud de la intensidad del campo magnético necesaria para provocar una perturbación significativa del movimiento de un cometa. El campo perturbador puede proceder de un planeta, como la Tierra o Marte, cerca del que está pasando el cometa, o del campo magnético interplanetario. Para que este campo desempeñe un papel importante, su densidad de energía tiene que ser comparable a la densidad de energía cinética del cometa. (No nos preocupamos siquiera de la posible distribución de cargas y campos del cometa, la cual le permitiría responder al campo impuesto.) Por tanto, la condición es

$$\frac{B^2}{8\pi}\,\frac{\tfrac{1}{2}\,m\,v^2}{(\tfrac{4}{3})\,\pi\,R^3} = (\tfrac{1}{2})\,\rho\,v^2$$

siendo B la intensidad del campo magnético medida en gauss, R el radio del cometa, m su masa, v su velocidad y ρ su densidad. Cabe notar que la condición es independiente de la masa del cometa. Adoptando una velocidad cometaria típica en el sistema solar interior de unos 25 km/s, y tomando para ρ el valor de la densidad de Venus, unos 5 gm/cm^3, encontramos que se necesita una intensidad de campo de más de 10 millones de gauss. (Resultaría un valor parecido en unidades electrostáticas si la circularización es eléctrica y no magnética.) El campo superficial en el ecuador terrestre es de unos 0,5 gauss. Los campos de Marte y Venus son de menos de 0,01 gauss. El campo solar es de varios gauss, alcanzando los centenares de gauss en las manchas solares. El campo de Júpiter medido por el *Pioneer 10* arroja una cifra inferior a 10 gauss. Los campos interplanetarios típicos son de 10^{-5} gauss. No hay nada capaz de generar algo que se acerque a un campo de 10 megagauss a gran escala en el sistema solar. Y no tenemos ningún indicio de que un campo de esas características haya ejercido nunca su influencia en las cercanías de la Tierra. Hay que recordar que los dominios magnéticos de la roca fundida durante el proceso de reenfriamiento se orientan hacia el campo dominante. Si la Tierra hubiese experimentado, aunque fuese brevemente, un campo de 10 Mg hace unos 3500 años, la magnetización de las rocas nos lo indicaría claramente. Y no lo hace.

REFERENCIAS

Capítulo3: Este mundo que nos llama como una liberación

FEUER, LEWIS S., *Einstein and the Generations of Science*. New York, Basic Books, 1974.

FRANK, PHILIPP, *Einstein: His Life and Times*. New York, Knopf, 1953.

HOFFMAN, BANESH, *Albert Einstein: Creator and Rebel*. New York, New American Library, 1972.

SCHILPP, PAUL, ed., *Albert Einstein: Philosopher Scientist*. New York, Tudor, 1951.

Capítulo 5. Sonámbulos y traficantes en misterios

"Alexander the Oracle-Monger", in *The Works of Ludan of Samosata*. Oxford, Clarendon Press, 1905.

CHRISTOPHER, MILBOURNE, *ESP, Seers and Psychics*. New York, Crowell, 1970.

COHEN, MORRIS, and NAGEL, ERNEST, *An introduction to Logic and Scientific Method*. New York, Harcourt Brace, 1934.

EVANS, BERGEN, *The Natural History of Nonsense*. New York, Knopf, 1946.

GARDNER, MARTIN, *Fads and Fallacies in the Name of Science*. New York, Dover, 1957.

MACKAY, CHARLES, *Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowds*. New York, Farrar, Straus & Giroux, Noonday Press, 1970.

Capítulo 7. Venus y el Doctor Velikovsky

BRANDT, J. C., MARAN, S. P., WILLIAMSON, R., HARRINGTON, R., COCHRAN, C., KENNEDY, M., KENNEDY, W., and CHAMBERLAIN, V., "Possible Rock Art Records of the Crab Nebula Supernova in the Western United States." *Archaeoastronomy in Pre-Columbian America*, A. F. Aveni, ed. Austin, University of Texas Press, 1974.

BRANDT, J. C., MARAN, S. P., and STECHER, T. P., "Astronomers Ask Archaeologists Aid." *Archaeology*, 21: 360 (1971).

BROWN, H., "Rare Gases and the Formation of the Earth's Atmosphere," in Kuiper (1949).

CAMPBELL, J., *The Mythic Image*. Princeton, Princeton University Press, 1974. (Second printing with corrections, 1975.)

CONNES, P., CONNES, J., BENEDICT, W. S., and KAPLAN, L. d., "Traces of HCl and HF in the Atmosphere of Venus." *Ap. J.*, 147: 1230 (1967).

COVEY, C., *Anthropological Journal of Canada*, 13: 2-10 (1975).

DE CAMP, L. S., *Lost Continents: The Atlantis Theme*. New York, Ballantine Books, 1975.

DODD, EDWARD, *Polynesian Seafaring*. New York, Dodd, Mead, 1972.

EHRLICH, MAX, *The Big Eye*. New York, Doubleday, 1949.

GALANOPOULOS, ANGELOS G., "Die ägyptischen Plagen und der Auszug Israels aus geologischer Sicht." *Das Altertum*, 10: 131-137 (1964).

GOULD, S. J., "Velikovsky in Collision." *Natural History* (March 1975), 20-26.

KUIPER, G. P., ed., *The Atmospheres of the Earth and Planets*, lst ed. Chicago, University of Chicago Press, 1949.

LEACH, E. R., "Primitive Time Reckoning," in *The History of Technology*, edited by C. Singer, E. J. Holmyard, and Hall, A. R. London, Oxford University Press, 1954.

LECAR, M., and FRANKLIN, F., "On the Original Distribution of the Asteroids." *Icarus*, 20: 422-436 (1973).

MAROV, M. YA., "Venus: A Perspective at the Beginning of Planetary Exploration." *Icarus*, 16:415-461 (1972).

MAROV, M. YA., AVDUEVSKY, V., BORODIN, N., EKONOMOV, A., KERZHANOVICH, V., LYSOV, V., MOSHKIN, B., ROZHDESTVENSKY, M., and RYABOV, O., "Preliminary Results on the Venus Atmosphere from the *Venera* 8 Descent Module." *Icarus*, 20: 407-421 (1973).

MEEUS, J., "Comments on The Jupiter Effect." *Icarus*, 26: 257-267 (1975).

NEUGEBAUER, O., "Ancient Mathematics and Astronomy," in *The History of Technology*, edited by C. Singer, E. J. Holmyard, and Hall, A. R. London, Oxford University Press, 1954.

ÖPIK, ERNST J., "Collision Probabilities with the Planets and the Distribution of Interplanetary Matter." *Proceedings of the Royal lrish Academy,* Vol. 54 X1951), 165-199.

OWEN, T. C., and SAGAN, C., "Minor Constituents in Planetary Atmospheres: Ultraviolet Spectroscopy from the Orbiting Astronomical Observatory." *Icarus*, 16: 557-568 (1972).

POLLACK, J. B., "A Nongray CO2-H2O Greenhouse Model of Venus." *Icarus*, 10: 314-341 (1969).

POLLACK, J. B., ERICKSON, E., WITTEBORN, F., CHACKERIAN, C., SUMMERS, A., AUGASON, G., and CAROFF, L., "Aircraft Observation of Venus' Near-infrared Reflection Spectrum: Implications for Cloud Composition." *Icarus*, 23: 8-26 (1974).

SAGAN, C., "The Radiation Balance of Venus." California Institute of Technology, Jet Propulsion Laboratory, Technical Report 32-34, 1960.

—, 'The Planet Venus." *Science*, 133: 849 (1961).

—, *The Cosmic Connection*. New York, Doubleday, 1973.

—, "Erosion of the Rocks of Venus." *Nature*, 261:31 (1976).

SAGAN, C., and PAGE T., eds., *UFOs: A Scientific Debate*. Ithaca, N. Y., Cornell University Press, 1973; New York, Norton, 1974.

SILL, G., "Sulfuric Acid in the Venus Clouds." Communications Lunar Planet Lab., University of Arizona, 9: 191-198 (1972).

SPITZER, LYMAN, and BAADE, WALTER, "Stellar Populations and Collisions of Galaxies." *Ap. J.*, 113: 413 (1951).

UREY, H. C., "Cometary Collisions and Geological Periods." *Nature*, 242: 32-33 (1973).

—, The Planets. New Haven, Yale University Press, 1951.

VELIKOVSKY, I., *Worlds in Collision*. New York, Dell, 1965. (First printing, Doubleday, 1950.)

—, "Venus, a Youthful Planet." *Yale Scientific Magazine*, 41: 8-11 (1967).

VITALIANO, DOROTHY B., *Legends of the Earth: Their Geologic Origins*. Bloomington, Indiana University Press, 1973.

WILDT, R., "Note on the Surface Temperature of Venus." *Ap.J.*, 91:266 (1940).

—, "On the Chemistry of the Atmosphere of Venus." *Ap.J.*, 96: 312-314 (1942).

YOUNG, A. T., "Are the Clouds of Venus Sulfuric Acid?" *Icarus*, 18: 564-582 (1973).

YOUNG, L. D. G., and YOUNG, A. T., Comments on "The Composition of the Venus Cloud Tops in Light of Recent Spectroscopic Data." *Ap. J.*, 179: L39 (1973).

CARL SAGAN nació un 11 de noviembre de 1934, en Nueva York. Realizó sus estudios preparatorios en la Radway High School en New Jersey. A los 20 años se graduó como físico puro y poco después obtiene su doctorado en Astronomía y Astrofísica. Apareció en la comunidad científica como un joven, cuyas conjeturas fascinaban y a su vez amenazaban lo establecido.

Participó activamente en el proyecto *Mariner 4*, primera sonda en llegar a Marte, en junio de 1965. Su trabajo en la NASA lo combinó como profesor en la Universidad de Harvard. Carl comenzó a colaborar con el científico soviético I. S. Shklovski para debatir científicamente la búsqueda de vida extraterrestre. Estos debates se publicaron en el libro «OVNIS: Un Debate Científico». Sin embargo la conservadora universidad de Harvard no aprobaba estas actividades y le negaron la renovación de su contrato.

Pasó entonces a la Universidad de Cornell en Ithaca, Nueva York. Se convirtió en el director del Laboratorio de Ciencias Espaciales en Cornell, puesto que junto con sus clases en dicha universidad, ocupó por el resto de su vida. En Cornell realizó numerosos experimentos acerca del origen de la vida y confirmó que las moléculas orgánicas base de la vida pueden reproducirse bajo condiciones controladas en el laboratorio.

Participó activamente en el proyecto *Apolo 11* en 1969 y en la misión *Mariner 9* a Marte, la cual estaba diseñada para orbitar el planeta y de las cuales se dedujo que

alguna vez pudo albergar vida. Igualmente formó parte de los proyectos *Pionneer* y *Voyager*, sondas que, después de explorar los planetas más alejados del sistema solar, debían viajar indefinidamente por el universo. En cada una de estas naves Sagan incluyó un disco de oro con información acerca de la vida en la tierra, fotos, sonidos, saludos en distintas lenguas, y las ondas cerebrales de una mujer de la tierra (Ann Druyan, luego su esposa).

También fue por la insistencia de Sagan que las *Voyager* fotografiaron la Tierra desde las confines del sistema solar. Fue cofundador y presidente de la Sociedad Planetaria, la mayor organización con intereses espaciales en el mundo.

Criticó a las grandes potencias por producir armamento nuclear. Formó parte activa en la erradicación de los CFC y otros programas de protección ecológica. Fue cofundador del Comité Para la Investigación Escéptica de los Fenómenos Paranormales (CISCOP).

Mantuvo una oposición y crítica constante en contra de las pseudo-ciencias, En su libro *El mundo y sus demonios*, las critica duramente, al igual que a las religiones. Estudió el origen de los organismos con los genetistas Hermann J. Muller y Joshua Lederberg. Trabajó como astrofísico en el Observatorio Astrofísico Smithsoniano desde 1962 hasta 1968.

Dedicó la mayor parte de su vida a divulgar las ciencias. Publicó numerosos libros y artículos en revistas y diarios. Su amplio conocimiento del cosmos hizo posible su explicación con palabras sencillas. Uno de sus primeros libros, *Los Dragones del Edén*, publicado en 1978, fue galardonado con un premio Pulitzer.

En 1979 tuvo la gran idea de utilizar el medio de comunicación mas atrayente y masivo para divulgar la cosmología, la historia y la astronomía: la televisión. A través de ella llevó a miles de personas a un fascinante viaje por el universo en la serie «Cosmos» de la cual también se publico uno de sus mas populares libros. La serie ganó 3 premios Emmy y un Peabody, y se convirtió en la serie científica de mayor éxito en toda la historia de la televisión.

Después de realizar «Cosmos», Sagan dedica un tiempo a escribir una novela, *Contacto*, en la cual, asesorado por un grupo de científicos, quiso escribir un libro de ficción científica en donde todo y cada uno de lo propuesto fuera teóricamente posible.

Fue un científico de mente abierta, fascinado por las estrellas, y el misterio de la vida. Lideró proyectos como el SETI (Búsqueda de inteligencia extraterrestre). Tras diagnosticársele una enfermedad llamada mielodisplasia, comenzó una agonizante y fatal etapa en la vida de Sagan. Fue sometido en tres ocasiones a transplante de médula ósea y quimioterapia, la ultima de ellas en 1995. En la madrugada del 20 de

diciembre de 1996 murió a los 62 años, en Seattle, a causa de una neumonía.

Notas

[1] El cloro es un gas letal que se utilizó en los campos de batalla europeos durante la primera guerra mundial. El sodio es un metal corrosivo que entra en combustión en contacto con el agua. La combinación de ambos origina una sustancia agradable e inocua, la sal común. El estudio de las propiedades de ambas sustancias constituye precisamente el objetivo de la Química, y para comprenderla se necesitan más de 10 bits de información. <<

[2] Por ejemplo, Lady Wonder, un caballo de Virginia, era capaz de contestar una serie de preguntas moviendo con la nariz una serie de tacos de madera que prefiguraban letras. Como también contestaba a cuestiones planteadas en privado a su propietario, el parapsicólogo J. K. Rhine dijo que el caballo no sólo sabía leer sino que además tenía el don de la telepatía (Journal of Abnormal and Social Psychology. 23, 449, 1929). Pero el mago John Scarne indicó que el propietario hacía una seña a Lady Wonder con un látigo mientras éste «rumiaba» sobre los tacos de madera antes de convertirlos en palabras. En apariencia, el propietario estaba fuera del campo visual del animal, pero ya sabemos que los caballos tienen una excelente visión periférica. Lady Wonder era cómplice de un impostor, cosa que no ocurría con Hans el Listo. <<

[3] Una descripción detallada del *Pioneer 10* y el *Pioneer 11* puede hallarse en mi obra *The Cosmic Connection* (Doubleday, Nueva York, 1973); y el registro fonográfico de los *Voyager 1* y *2* se explica asimismo con amplitud en *Murmurs of Earth: The Voyager Interstellar Record* (Random House, Nueva York, 1978). <<

[4] Los antiguos egipcios se referían al planeta Marte con la denominación «el rojo Horus» (Horus era el nombre de la divinidad imperial en forma de halcón). La astronomía egipcia adjudicaba vivos colores a los objetos celestes. Pero la descripción de Sirio no menciona nada especial acerca de su color. <<

[5] La referencia completa de las obras citadas en este capítulo aparece en la Bibliografía. <<

[6] Esta paginación se refiere a la edición estándar en lengua inglesa (Velikovsky, 1950). <<

[7] Lo que dice el Éxodo es que el maná caía cada día excepto el sábado, y por ello el viernes caía una doble ración (no infestada de gusanos). Pero esto choca con la hipótesis de Velikovsky, porque, ¿cómo podía saberlo el cometa? En realidad, esto nos lleva a un problema más general relativo al método histórico de este autor. Algunas citas de sus fuentes histórico-religiosas deben tomarse literalmente, pero otras tienen que desecharse forzosamente. Entonces, ¿en base a qué criterio tomamos esta decisión? Lo que está claro es que dicho criterio debe estar al margen de nuestra actitud y nuestra predisposición respecto a las tesis de Velikovsky. <<

[8] La predicción de los movimientos relativos de tres objetos atraídos entre sí por la gravitación. <<

[9] En el libro de Vitaliano se hallará una discusión informativa y entretenida del caso Thera, así como todo lo relativo a la conexión entre los mitos y los fenómenos geológicos; véase también De Camp (1975). <<

[10] Ello resulta más evidente en inglés que en castellano, pues mes es «month» y luna es «moon». (N. del T.) <<

[11] Kowal ha descubierto recientemente un objeto pequeño muy interesante que gira alrededor del Sol entre las órbitas de Urano y Saturno. Puede tratarse del miembro de mayor volumen de un nuevo cinturón de asteroides. Kowal propone llamarle Quirón, nombre del centauro que educó a muchos dioses y héroes de la mitología griega. Si se descubren otros asteroides transaturnianos, podría asignárseles los nombres de otros centauros. <<

[12] Los descubrimientos inesperados resultan muy útiles para valorar las ideas preexistentes. G. W. F. Hegel ejerció una enorme influencia en la filosofía profesional del siglo XIX y principios del XX y marcó no poco el futuro del mundo ya que Karl Marx le tomó muy en serio (aunque algunos críticos benévolos han afirmado que los argumentos de Marx hubiesen sido más precisos si no hubiese oído nunca a Hegel). En 1799 ó 1800, Hegel dijo en privado que no podían existir nuevos objetos celestes en el sistema solar, utilizando para ello todo el arsenal filosófico de que disponía. Un año más tarde, se descubría el asteroide Ceres. Parece ser que Hegel se dedicó entonces a empeños menos fácilmente refutables. <<

[13] En los vuelos tripulados en órbita terrestre se plantean también otros problemas. Consideremos, por ejemplo, un musulmán o un judío religioso dando una vuelta a la Tierra cada noventa minutos. ¿Está obligado a guardar el día de descanso cada siete órbitas? Los vuelos espaciales nos sitúan ante situaciones muy distintas de aquellas en las que hemos crecido nosotros y nuestras costumbres. <<

[14] En un discurso de principio de curso en la Universidad Clark, el 18 de mayo de 1978, hice unas observaciones parecidas. Dorothy Mosakowski, del Aula de Libros Raros de la Biblioteca Goddard de la Universidad Clark buscó y encontró ese pequeño ensayo que se consideraba perdido. En él descubrimos que Goddard se sentía atraído, aunque mantenía una actitud cautelosa, por la posibilidad de vida en Marte, que estaba seguro de la existencia de sistemas planetarios extrasolares, de lo cual dedujo «que entre esos innumerables planetas se dan condiciones de calor y luz análogas a las que disponemos aquí; si así es efectivamente, y si el planeta tiene una edad y un tamaño parecidos a los nuestros, es muy posible que existan seres humanos muy parecidos a nosotros, posiblemente con costumbres extrañas y formas de hacer todavía más extrañas». Pero también añadía: «Le corresponde al futuro distante responder si hay algo de verdad en nuestras suposiciones». <<

[15] Así se llama la heroína de la novela *Pollyanna* (1913), de Eleanor Porter, caracterizada por un optimismo irrefrenable y la tendencia a encontrarlo todo bien *(N. del T.)* <<

[16] Ello no obstante, se da la notoria circunstancia de que se encontraba en Worcester en 1909 cuando Sigmund Freud y Carl Gustav Jung dieron la primera conferencia en inglés sobre esos elementos ya institucionalizados que constituyen el psicoanálisis. Muchos psiquiatras norteamericanos oyeron por primera vez algo del tema a raíz de la presencia de Freud en la Universidad Clark. Uno se pregunta si el ya maduro y barbudo médico vienés y el joven y bigotudo físico norteamericano recién graduado se saludaron al cruzarse en el campus de la Universidad Clark, cada uno de ellos por la senda de su propio destino. <<

[17] Con la única excepción de los meteoritos (véase el capítulo 15). <<

[18] En los capítulos 12, 16 y 17 de *The Cosmic Connection* he abordado estas inferencias acertadas y sus confirmaciones gracias a los vehículos espaciales. <<

[19] White habría sido también el responsable de la ejemplar costumbre de no otorgar grados de *doctor honoris causa* por la Universidad de Cornell; le preocupaba un abuso potencial: la posibilidad de que esos grados honoríficos fuesen intercambiados por legados o donativos económicos. White era un hombre de convicciones éticas profundas y valientes. <<

[20] Los teólogos han hecho muchas afirmaciones sobre Dios en materias que hoy nos parecen, como poco, engañosas. Tomás de Aquino pretendía demostrar que Dios no puede crear otro Dios, o suicidarse, o fabricar un hombre sin alma, o incluso fabricar un triángulo cuyos ángulos interiores no sumen 180 grados. Pero Balyai y Lobachevsky fueron capaces de hacer esto último (sobre una superficie curva) en el siglo XIX y ni siquiera se acercaban a ser dioses. Curioso concepto éste, el de un Dios omnipotente con una larga lista de cosas que le está prohibido hacer por mandato de los teólogos… <<

[21] Resulta encantadora la idea de que Napoleón se pasase realmente unos cuantos días a bordo repasando un texto de matemáticas avanzadas como *Mecanique céleste*. Se interesaba verdaderamente por la ciencia e hizo un intento serio por conocer los últimos descubrimientos (ver *The Society of Arcueil: A view of French Science at the Time of Napoleon I*, de Maurice de Laplace; Crosland, Cambridge, Harvard University Press, 1967). Napoleón no tuvo la intención de leer toda la *Mecanique céleste y* escribió a Laplace en otra ocasión: «Los primeros seis meses que pueda, los dedicaré a leerlo». Pero también hizo la siguiente observación, con motivo de otro libro de Laplace: «Sus libros contribuyen a la gloria de la nación. El progreso y la perfección de las matemáticas están íntimamente ligados a la prosperidad del estado». <<

[22] Sin embargo, a partir de consideraciones astronómicas, Aristóteles dedujo que en el universo existían varias docenas de seres capaces de producir el primer movimiento sin necesidad de moverse. Esos argumentos de Aristóteles parecen tener consecuencias politeístas que algunos teólogos occidentales pueden considerar peligrosas. <<

[23] El tema no deja de tener su ironía. Agustín nació en África en el año 354 d. C. y en su juventud fue maniqueo, un adepto de la visión dualista del universo según la cual el bien y el mal están en conflicto en términos de igualdad, visión que más tarde fue condenada por herética por la ortodoxia cristiana. La posibilidad de que el maniqueísmo no estuviese acertado se le ocultó a Agustín cuando estudiaba astronomía. Descubrió que incluso las figuras principales de la fe no podían justificar sus misteriosas nociones astronómicas. La contradicción entre teología y ciencia en materia astronómica constituyó el impulso inicial que le condujo hacia el catolicismo, la religión de su madre, la misma religión que siglos más tarde persiguió a científicos como Galileo por mejorar nuestros conocimientos astronómicos. Agustín se convirtió posteriormente en San Agustín, una de las principales figuras de la historia de la Iglesia católica y su madre se convirtió en Santa Mónica, en honor de la cual recibió su nombre uno de los suburbios de Los Ángeles. Bertrand Russell se preguntó cuál hubiese sido el punto de vista de Agustín en cuanto al conflicto entre astronomía y teología si hubiese vivido en tiempos de Galileo. <<

[24] Pero todavía se mantiene vivo el debate sobre la cantidad de deuterio que puede elaborarse en los interiores estelares y arrojarse posteriormente al gas interestelar. Si esa cantidad es significativa, la abundancia actual de deuterio tendría un papel menos importante en la densidad del universo primitivo. <<

[25] Juego de palabras entre Gott, el astrónomo, y *God*, que en inglés significa Dios. *(N. del T.)* <<

[26] Resulta interesante preguntarse por qué existen moléculas psicodélicas, y en gran abundancia, en plantas muy diversas. Dichas moléculas no parecen proporcionar ningún beneficio inmediato a las plantas. No es probable que la planta del *cannabis* se «eleve» por su complemento de la tetra-hidrocannabinol. Pero los seres humanos cultivan el *cannabis* porque las propiedades alucinógenas de la marihuana resultan muy apreciadas. Es bien conocido que en algunas culturas, las plantas psicodélicas constituyen la única vegetación doméstica. Es posible que en esa etnobotánica se haya desarrollado una relación simbiótica entre las plantas y los seres humanos. Se cultivan preferentemente aquellas plantas que por accidente proporcionan las sustancias psicodélicas deseadas. Esta selección artificial puede influir poderosamente en la evolución subsiguiente, y en periodos de tiempo relativamente cortos —por ejemplo, decenas de miles de años—, como queda patente al comparar muchos animales domesticados con sus antepasados. Estudios recientes también ponen de manifiesto la posibilidad de que las sustancias psicodélicas actúen por el hecho de ser químicos parecidos a sustancias naturalmente producidas por el cerebro, que inhiben o amortiguan la transmisión nerviosa y que pueden contar entre sus funciones con la inducción de cambios endógenos en la percepción o el humor. <<

[27] En castellano en el original. (N. del T.) <<

[28] Una fascinante descripción del trabajo de Grof y del mundo de los fármacos psicodélicos puede encontrarse en la obra *Psychodelic Drugs Reconsidered* de Lester Grinspoon y James Bakalar (Basic Books, Nueva York, 1979). La descripción de sus descubrimientos hecha por el propio Grof aparece en *Realms of Human Unconscious* por S. Grof (E. P. Dutton, Nueva York, 1976) y *The Human Encounter with Death* por S. Grof y J. Halifax (E. P. Dutton, Nueva York, 1977). <<

[29] Sorprendentemente, la oxitocina resulta ser un derivado del cornezuelo de centeno que está relacionado químicamente con sustancias psicodélicas como el LSD. Como induce el parto, resulta una hipótesis plausible que la Naturaleza utilice alguna sustancia natural parecida para inducir las contracciones uterinas. Pero eso supondría alguna conexión fundamental para la madre —y tal vez para la criatura— entre el nacimiento y las drogas psicodélicas. Tal vez no sea poco plausible que, mucho más tarde y bajo la influencia de alguna droga psicodélica, recordemos la experiencia del nacimiento —el acontecimiento en el que por primera vez entramos en contacto con las drogas psicodélicas. <<

[30] Una hipótesis distinta, pero no inconsistente, acerca de la metáfora del Edén, en filogenia y no en ontogenia, aparece en *Los dragones del Edén*. <<

[31] Una variante curiosa aparece en el libro de Arthur Schnitzler, Flight into Darkness: «*…en todos los momentos de la muerte de cualquier ser, éste revive su pasado a una velocidad inconcebible para los demás. Esta vida recordada debe tener también su último momento, y este su propio último momento, y así sucesivamente y, por tanto, morir es en si la eternidad y, por tanto, según la teoría de los límites, uno puede acercarse a la muerte sin alcanzarla nunca*». De hecho, la suma de una serie infinita de ese tipo es finita y el argumento falla por razones matemáticas, así como por otras, Pero constituye un recordatorio eficaz de que, en ocasiones, nos sentimos predispuestos a aceptar medidas desesperadas que nos eviten afrontar la inevitabilidad de la muerte. <<

[32] Los canguros nacen cuando no son sino embriones y deben emprender, por sí solos, un viaje heroico desde el canal de la vida hasta la bolsa. Muchos no consiguen llegar. Los que lo consiguen vuelven a encontrar un entorno caliente, oscuro y protector, dotado de mamas, ¿invocara la religión de una especie de marsupiales inteligentes a un dios severo e implacable que vigila estrictamente la marsupialidad? ¿Requerirá la cosmología marsupial un breve interludio de radiación en un Big Bang prematuro seguido de una «Segunda Oscuridad» y luego una salida al universo mucho más placida que la que conocemos? <<